

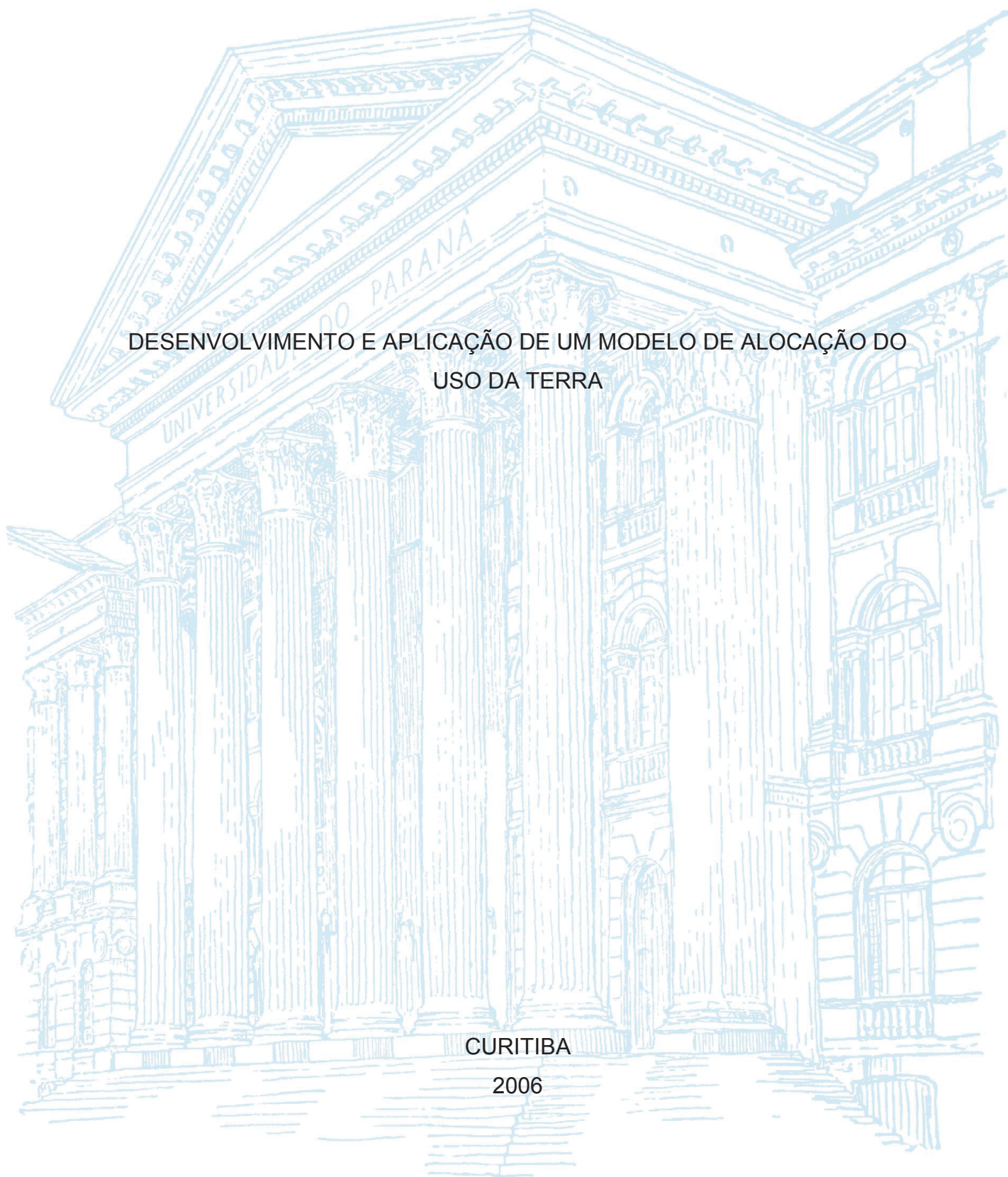
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

OSCAR ARTURO GAUTO

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MODELO DE ALOCAÇÃO DO
USO DA TERRA

CURITIBA

2006



OSCAR ARTURO GAUTO

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MODELO DE
ALOCUÇÃO DO USO DA TERRA

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal, Área de Concentração
em Manejo Florestal, do Setor de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Paraná,
como requisito parcial à obtenção do título de
Doutor em Engenharia Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce
Coorientadores: Prof. Dr. Flavio Felipe Kirchner
Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

CURITIBA

2006

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Gauto, Oscar Arturo

Desenvolvimento e aplicação de um modelo de alocação do uso da
terra / Oscar Arturo Gauto. – Curitiba, 2006.
132 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
Defesa: Curitiba, 08/12/2006.

Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Solos - Uso. 2. Programação linear. 3. Sistemas de informação
geográfica. 4. Teses. I. Arce, Julio Eduardo. II. Universidade Federal do
Paraná, Setor de Ciências Agrárias. III. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.114

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160




Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

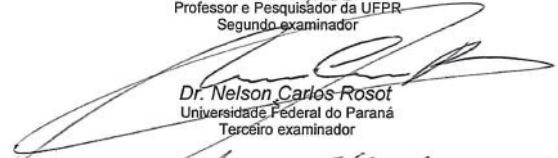
PARECER

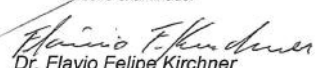
Defesa nº. 685

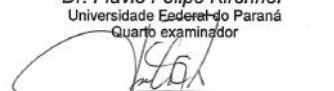
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Oscar Arturo Gauto* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MODELO DE ALOCAÇÃO DO USO DA TERRA**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.


Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO
Primeiro examinador



Dr. Edson Aparecido Mitishita
Professor e Pesquisador da UFPR
Segundo examinador


Dr. Nelson Carlos Rosot
Universidade Federal do Paraná
Terceiro examinador


Dr. Flavio Felipe Kirchner
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador


Dr. Julio Eduardo Arce
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 08 de dezembro de 2006.


Graciela Ines Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Antonio Carlos Batista
Vice-coordenador do curso

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



À memória do meus pais e de meu irmão Alberto.

À minha família, dedico e, de modo muito especial a meus filhos Gabriel Arturo e Paula Araceli.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou o desenvolvimento desse trabalho.

À Universidade Federal do Paraná por me receber no curso de Doutorado.

À Universidad Nacional de Misiones, pelo apoio na realização do curso de Doutorado.

Ao meu orientador no curso, Prof. Dr. Júlio Eduardo Arce pelo apoio nessa pesquisa, compartilhar sua sabedoria e pela amizade.

Aos integrantes do comitê de orientação Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho e Prof. Dr. Flávio Felipe Kirchner pelo apoio no desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores do curso da Pós graduação pelo ensinamento durante o curso.

Aos demais colegas da Pós-Graduação pela troca de experiência durante o desenvolvimento do curso.

À Coordenação e os funcionários da Pós graduação pelas ajudas e apoio.

Ao meu irmão, Juan Angel, pelas valiosas discussões sobre o setor florestal de Misiones, pelo permanente apoio e pela grande amizade.

À minha família toda e de modo muito especial a meu filho Gabriel Arturo e Paula Araceli e, a minha esposa Berta Decideria pelo amor e carinho e permanente apoio.

A todos que participaram direta ou indiretamente deste trabalho pela enorme satisfação que significa.

RESUMO

Com o intuito de gerar uma ferramenta que auxilie na tomada de decisão sobre a alocação do uso da terra em áreas rurais, desenvolveu-se um modelo de alocação do uso da terra baseado em programação linear (PL) e apoiado em sistemas de informação geográfica (SIG). Utilizou-se um esquema de integração entre os softwares SIG (Arc Gis® 8.1) e de pesquisas operacionais (Extended LINGO® PC v.7.0) baseado em uniões “*join*” de bases de dados aos sistemas SIG. Com o intuito de aplicar o modelo a uma situação real, foi desenvolvido um diagnóstico socioeconômico e ambiental da Província de Misiones Argentina. Aspectos tais como aptidão de solos, matriz de conservação, atividades econômicas relevantes, foram analisados. Com base no diagnóstico, foram selecionadas quatro atividades relevantes: florestas plantadas, tabaco, chá e erva mate, juntamente com as respectivas partes da cadeia produtiva desenvolvida na Província. Com estas culturas foram desenvolvidos- coeficientes técnicos de utilização de agroquímicos, erosão hídrica, renda bruta e geração de empregos, para serem utilizados nos modelos de otimização. A província de Misiones foi dividida em 29.492 pixels ou células de 100 a cada, utilizando o sistema SIG ARC GIS® 8.1, para serem utilizadas como unidades homogêneas de análise. Com base nestas unidades foi gerada uma base de dados, utilizando técnicas de modelagem e análise espacial em ambiente SIG. Um modelo de minimização de uso da terra com objetivos de renda bruta mínima, geração de empregos mínimos, meta de erosão e contaminação máxima foram conduzidos. Os resultados mostraram bom desempenho e habilidade tanto dos modelos de PL e SIG como do esquema de integração empregado para tratar problemas de alocação do uso da terra.

Palavras-chave: Alocação de uso do solo. SIG. Programação linear.

ABSTRACT

With the objective of develop a tool that aids in land use allocation decisions in rural areas, a land use allocation model was developed based on lineal programming and geographical information systems(SIG). An integration outline among the software's SIG (Arc Gis 8.1) and of operational research (Extended LINGO PC v.7.0) based on "join" unions of data bases to the systems SIG, was used. With the intention of applying the model to a real situation, an socioeconomic and environmental diagnostic of Misiones Argentina's Province was developed. Aspects such ass soils attitude, matrix of conservation, relevant economical activities, were analyzed. It was selected in base to the diagnosis four relevant activities: planted forests, tobacco, Tea and "erva-mate" and the respective parts of the productive chain developed in the province. In base these cultures were developed technical coefficients of chemical use, erosion, gross income and generation of jobs, to be used in the optimization models. Using the system SIG ARC GIS 8.1, the province of Misiones was divided in 29.492 pixels or cells to be used as homogeneous units analysis. In base of these units a database was generated, using modelling techniques and spatial analysis in GIS. A model of minimization of land with goal of minimum gross income, minimum jobs generation, maximum erosion and maximum contamination was driven. The results showed good models performance and ability to treat problems of land use allocation.

Key-words: Land use allocation. GIS. Linear Programming.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.01 - Modelo de base de dados relacional	28
FIGURA 2.02 - Exemplo de Diagrama de fluxo para cálculo de áreas prioritárias de conservação.	31
FIGURA 2.03 - Estrutura de Analise e Modelado Espacial na Estrutura de operações dos SIG.....	35
FIGURA 2.04 - Arquiteturas de integração de modelos SIG e Modelagem de uso do solo.	36
FIGURA 3.01 - Localização da Província de Misiones Argentina.	47
FIGURA 3.02 - Mapa de declividades da Província de Misiones.	47
FIGURA 3.03 - Rede de drenagem.....	48
FIGURA 3.04 - Mapa de regiões naturais de Misiones	49
FIGURA 3.05 - Mapa de aptidão do solo.	50
FIGURA 3.06 - Áreas Naturais Protegidas.....	51
FIGURA 3.07 - Áreas propostas para conservação	52
FIGURA 3.08 - Participação das atividades produtivas em superfície (ha) e percentagem.....	53
FIGURA 3.09 - Zonas agro econômicas homogêneas da Província de Misiones.....	57
FIGURA 3.10 - Evolução da taxa de plantação com espécies de rápido crescimento na Província de Misiones.....	61
FIGURA 3.11 - Distribuição espacial dos plantios florestais na Província de Misiones.	63
FIGURA 3.12 - Evolução da produção de toras das principais espécies na província de Misiones.....	64
FIGURA 3.13 - Distribuição espacial dos plantios de erva mate na província de Misiones.....	68
FIGURA 3.14 - Cadeia produtiva na elaboração de erva mate.....	69
FIGURA 3.15 - Distribuição da área plantada de chá.	72
FIGURA 3.16 - Superfície de tabaco plantado por província argentina.	75

FIGURA 3.17 - Distribuição da área plantada de tabaco.	78
FIGURA 4.01 - Exemplo de matrizes em formato raster contendo as variáveis.	83
FIGURA 4.02 - Mapa de departamentos da Província de Misiones.....	91
FIGURA 4.03 - Fluxograma mostrando a sequência dos cruzamentos e operações de álgebra de mapas para obtenção de mapas de erosão.....	96
FIGURA 4.04 - Mapas de classificação da erosão para Florestas plantadas, Erva mate e Chá.	98
FIGURA 4.05 - Fluxograma de construção dos valores da variável VBTij.....	99
FIGURA 4.06 - Mapas de renda bruta (VBTij)	101
FIGURA 4.07 - Mapa de distancias e aptidão do solo para cultivo de Cha.....	102
FIGURA 4.08 - Fluxo de dados e esquema de vinculação entre SIG, bases de dados e otimizador.	104
FIGURA 4.09 - Mapas de alocação de usos segundo os objetivos otimizadas	112
FIGURA 4.10 - Classes de aptidões gerais do solo e estradas principais	113
FIGURA 4.11 - Composição da superfície, renda bruta, empregos, contaminação e erosão com modelo de minimização de uso da terra.	119
FIGURA 4.12 - Mapa de Alocação de uso do solo com modelo de minimização de uso da terra.	121

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.01 - Estrutura Fundiaria da Província de Misiones – Argentina.....	56
TABELA 3.02 - Evolução por Setores da Economía de Província de Misiones (a preços correntes, em miles de pesos).	58
TABELA 3.03 - Evolução da participação dos diferentes subsetores dentro do setor primario (percentagem).....	59
TABELA 3.04 - Superfície dos plantios florestais na província de Misiones ao ano 2000.....	62
TABELA 3.05 - Superfície e produção dos plantíos de erva mate por departamento, e clases de densidades.	67
TABELA 3.06 - Distribuição de plantios de chá.	71
TABELA 4.01 - Dias de trabalho necessários para produzir 1 ha de tabaco.	86
TABELA 4.02 - Renda bruta gerada em florestas plantadas ao ano 2004.....	87
TABELA 4.03 - Renda bruta gerada no cultivo do tabaco ao ano 2004.....	88
TABELA 4.04 - Superfície das culturas consideradas por departamentos segundo Censo Nacional Agropecuario (2002).....	92
TABELA 4.05 - Alocação de cultivos segundo distintas funções objetivos	110
TABELA 4.06 - Valores das funções objetivos.....	110
TABELA 4.07 - Alocação por departamentos do modelo de minimização de terra	116
TABELA 4.08 - Renda bruta por departamento	116
TABELA 4.09 - Empregos gerados com modelo de minimização de uso da terra.	117
TABELA 4.10 - Contaminação com agroquimicos gerado pelo modelo de minimização de uso da terra.....	118
TABELA 4.11 - Erosão gerada pelo modelo de minimização de uso da terra	118

LISTA DE SIGLAS

ESRI	Environmental Systems Research Institute
COPROTE	Comisión Provincial del Te
DSS	Sistemas de Suporte à Decisão
FET	Fondo Especial del Tabaco
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GTZ	Cooperação Técnica Alemã
INDEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INYM	Instituto Nacional de la Yerba Mate Argentina
MCDM	Toma de Decisões Multicritério
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (USA)
PL	Programação Linear
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SQL	Linguagem Estruturado de Busca
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
SGBD	Sistema Gerenciador de Base de Dados
TIN	Rede de triângulos irregulares
USLE	Equação Universal de Perda do Solo
WLC	Combinação Linear Ponderada

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	21
2.2	MODELAGEM MATEMÁTICA DO USO DA TERRA BASEADO EM SIG	32
2.3	PROGRAMAÇÃO LINEAR	39
3	A PROVÍNCIA DE MISIONES: SITUAÇÃO ATUAL	45
3.1	INTRODUÇÃO	45
3.2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	46
3.3	ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS	50
3.4	ATIVIDADES PRODUTIVAS DE MISIONES	52
3.5	PRODUTO BRUTO GEOGRÁFICO DA PROVÍNCIA DE MISIONES	58
3.6	DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS CULTURAS.....	59
3.6.1	<i>FLORESTAS PLANTADAS</i>	<i>59</i>
3.6.2	<i>ERVA MATE 64</i>	
3.6.3	<i>CHÁ PRETO 70</i>	
3.6.4	<i>TABACO</i>	<i>75</i>
4	MODELO DE ALOCAÇÃO DE USO DA TERRA.....	80
4.1	INTRODUÇÃO	80
4.2	CULTIVOS SELECIONADOS.....	82
4.3	INFORMAÇÃO TERRITORIAL.....	82
4.4	CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS	83
4.4.1	<i>MATRIZ DE USOS</i>	<i>83</i>
4.4.2	<i>MATRIZ DE DEPARTAMENTOS</i>	<i>91</i>
4.4.3	<i>MATRIZ DE CELULAS.....</i>	<i>92</i>
4.5	OBJETIVOS DO MODELO DE ALOCAÇÃO	102
4.6	MODELO DE ALOCAÇÃO DO USO DA TERRA	103
4.7	MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	105
4.7.1	<i>OTIMIZAÇÃO DOS OBJETIVOS</i>	<i>106</i>

4.7.2	MODELO DE MINIMIZAÇÃO DO USO DA TERRA.....	113
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	123
	REFERÊNCIAS	126

1. INTRODUÇÃO

Sendo a superfície do planeta um espaço finito, e por tanto um recurso limitado, o crescente aumento na população mundial fará com que cada vez mais tenham que se utilizar os recursos naturais de maneira otimizada, entre os usos socioeconômicos e a preservação dos ecossistemas para garantir sua integridade e capacidade de manter suas condições produtoras, protetoras e recreativas.

SALWASSER (1994) considera que nos últimos 300 anos a população mundial cresceu de 500 mil pessoas até 5,5 bilhões. Este crescimento implica que cada pessoa, em média, dispõe hoje da nona parte do espaço que naquele então dispunha. Este fato e suas consequências direcionam hoje como e com quais propósitos se devem manejar os ecossistemas.

O planejamento territorial parece ser a disciplina que assume este desafio e gera as ferramentas adequadas para conduzir e transformar o uso do território em um sistema equilibrado, capaz de fornecer continuamente produtos e também conservar as diferentes capacidades dos ecossistemas.

STEWART, JANSEN e HERWINGNEN (2004) definiram o planejamento do uso da terra como o processo de alocar diferentes atividades ou usos, em unidades específicas de áreas dentro de uma determinada região. Este é um processo complexo, e as tomadas de decisão devem ser feitas não apenas sobre o que fazer, senão também sobre onde fazer, o que adiciona complexidade ao sistema.

Atualmente o vertiginoso avanço da computação trouxe também o grande desenvolvimento das ciências da informática e de tomada de decisão, basicamente no que diz respeito ao software para processamento de dados espaciais, modelagem e toma de decisão.

Segundo MALCZEWSKI (2004), uma das mais úteis aplicações dos SIG está no campo de planejamento e manejo do uso da terra.

Conforme o avanço da tecnologia SIG, também se desenvolveu um conjunto de técnicas de decisão para alocar usos do solo combinando com a tecnologia SIG. Entre as mais destacadas estão os cruzamentos de mapas assistidos por

computador, técnicas de decisão multicritério, dentre as que MALCZEWSKI (2004) coloca à programação matemática. Este conjunto de técnicas e sua vinculação com os SIG para toma de decisão sobre alocação do uso do solo, está em desenvolvimento. Autores como CHUVIECO (1993), AERTS (2002), DIAMOND e WRIGHT (1988), são alguns dos trabalhos que utilizam programação matemática para alocar usos do solo.

Existem duas partes importantes na análise de decisão de alocação de uso da terra: a) componente SIG, que implica a aquisição, armazenamento, recuperação, manejo e análises de dados espaciais, e b) uma regra de decisão que, baseada em um ou mais critérios, indica a melhor alternativa de alocação do uso a uma unidade territorial.

Os SIG e as técnicas analíticas de decisão, tais como a programação matemática, tiveram seu desenvolvimento separado. Os SIG possuem ferramentas rudimentares, para gerar regras simples de toma de decisão. As técnicas mais específicas, como a programação linear por exemplo, não podem ser, até agora, desenvolvidos dentro de um ambiente SIG. Por isso é preciso adicionar às duas partes citadas anteriormente uma terceira, que é o tipo de integração entre os sistemas SIG e as técnicas analíticas de decisão.

A província de Misiones, na Argentina, baseia sua economia no uso do espaço rural para desenvolver atividades agrícolas e florestais, às quais estão ligadas às indústrias, que em conjunto perfazem a base econômica desta província.

Os espaços agrícola e florestal cresceram sobre um espaço territorial que antigamente foi ocupado por floresta nativa de tipo subtropical, considerada dentro da região da Floresta Ombrófila Mista.

Por outra parte a província possui uma densidade populacional de 33 habitantes por km², considerada como a mais alta da Argentina. A pressão sobre os recursos naturais é cada vez maior, em procura de maiores rendas e geração

de empregos. Neste aspecto, nem sempre as atividades alocadas num território são aptas para manter uma produção sustentada.

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um modelo de otimização ligado a um SIG para alocação de uso da terra que maximize a renda bruta gerada, a geração de empregos e, por outra parte, que minimize o uso total de produtos agroquímicos que contaminam o solo, o lençol freático e a erosão do solo por ação das chuvas.

OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho foi desenvolver um modelo baseado em programação linear e apoiado em Sistemas de Informação Geográfica para alocação do uso do solo visando otimizar renda bruta, empregos, utilização de produtos agroquímicos e erosão hídrica do solo.

Os objetivos específicos foram:

Desenvolver um mecanismo de integração entre os SIG e o algoritmo de programação linear,

Aplicar o modelo ao caso da economia rural da província de Misiones, Argentina.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O planejamento está continuamente presente em nosso dia-a-dia. Nosso padrão de vida, as nossas economias, não só aconteceram, senão que foram os resultados dos planos de milhões de indivíduos, grupos e governos. Na área rural e florestal o incremento constante da população, junto ao aumento do padrão de vida, fez com que os recursos naturais recebam cada vez mais pressão para obtenção dos bens necessários. Este fato tornou imperioso utilizar esses recursos naturais com maiores cuidados para obter os máximos produtos e serviços possíveis para satisfazer as necessidades materiais do ser humano, mas também de não diminuir suas potencialidades como fonte produtoras para as gerações futuras. Isso trouxe a necessidade de planejar o uso dos recursos naturais, e particularmente do recurso terra.

Segundo BARLOWE (1972), o planejamento pode ser definido como a direção concisa dos esforços para atingir uma meta racionalmente desejável. A razão do planejamento sempre deve ser o bem-estar do ser humano. O mesmo autor diz que alguns dos nossos mais importantes planos econômicos e sociais envolvem o recurso terra. Na maioria dos países do ocidente, o direito de propriedade fornece ao proprietário a liberdade de decidir como usar este recurso. Mas o direito de propriedade dos proprietários é exclusivo e não absoluto, o que quer dizer que a sociedade tem interesse em como um proprietário faz uso do recurso terra, principalmente quando este uso tem algum tipo de impacto sobre a sociedade no seu conjunto. Este fato autoriza suficientemente aos poderes públicos a realizarem planejamentos e direcionar o uso da terra.

Quanto mais escasso se torna o recurso terra, e conforme aumenta a demanda por produtos do solo, a necessidade do seu uso planejado se incrementa. Com muita frequência podemos ver que o sistema de uso livre do solo sem qualquer direcionamento por parte do poder público, não sempre conduz a seu melhor uso. Ações individuais sobre a terra e não guiada com frequência conduz à sobre exploração dos recursos, perdas sociais e transferências de custos a outros membros da sociedade. Assim as metas sociais ou de interesse comum dentro do planejamento do uso da terra envolvem considerações que vão além das de

mercado e que não podem ser atingidas sem a participação da sociedade organizada como, por exemplo, através do Governo. Essas metas não podem ser alcançadas pela simples somatória de todos os indivíduos agindo de forma independente; há a necessidade de haver uma ativa participação do Governo estabelecendo as metas globais e sociais.

Segundo BARLOWE (1972), os planos dos recursos naturais sempre têm sua justificação ou racionalidade nos objetivos que os perseguem. Estes objetivos podem ser pequenos ou insignificantes em alguns casos, ou grandiosos em outros. Na maioria dos casos, os objetivos foram promover o desenvolvimento ordenado de uma região, país, estado ou município, visando minimizar certos conflitos ou problemas associados com o uso da terra e, procurando maximizar o bem-estar público. O planejamento do uso da terra é um dos mais essenciais e mais facilmente defendível, dos planejamentos econômicos e sociais, mesmo em economias de livre mercado.

SCHEINOWITZ (1983) considera que com a explosão demográfica e a fantástica aceleração do progresso tecnológico do século XX, tornou-se indispensável uma ação coordenada dos poderes públicos para limitar os excessos e orientar o uso do território para o bem da coletividade.

FAO (2003), conceitua a planificação agrícola como sendo um processo de distribuição de usos da terra, incluindo seus recursos (tempo, capital e trabalho) para conseguir um máximo benefício do grupo de usuários, no curto, médio e longo prazo, sem degradação da terra.

FAO (1993, 1994) definem o Planejamento do uso do solo como sendo a avaliação sistemática do potencial de terras e águas, modelos alternativos do aproveitamento da terra e outras condições físicas, sociais e econômicas, com a finalidade de selecionar e adotar as opções de aproveitamento da terra que sejam mais benéficos para os usuários, sem degradar os recursos ou o meio ambiente, junto com a seleção de medidas mais adequadas para fomentar essas formas de aproveitamento da terra. Entre seus principais interesses está salvaguardar os recursos naturais para o futuro.

FAO (1993) considera que todos os tipos de usos rurais da terra estão envolvidos no planejamento do uso do solo: os agrícolas, pecuários, florestal, conservação da vida silvestre e turismo. O planejamento do uso do solo fornece a guia de resolução para casos de usos em conflito estabelecendo quais áreas possuem maiores aptidão para os usos rurais.

Quando o ordenamento territorial é feito só para as áreas rurais, praticamente nos limitamos a fazer planejamento do aproveitamento da terra. Portanto, nesse caso, os dois termos são sinônimos.

Segundo FAO (1994), o ordenamento territorial nas áreas rurais caracteriza-se, dentre outros, pelos seguintes aspectos:

- O planejamento se dá em bem da população,
- A terra não é igual em todas partes,
- A tecnologia recomendada deve ser apropriada, e
- É um tipo de planejamento integrado, que inclui diferentes setores e não só a aptidão do solo, mas também o mercado, preferências culturais, organizacionais, etc.

Em algumas sociedades o processo de planejamento está reduzido a um pequeno grupo de pessoas que decidem o que fazer e onde fazer e, em outras sociedades com direito individuais mais forte, a decisão encontra-se distribuída num grande número de pessoas, e cada qual deseja influenciar sobre um plano de uso da terra.

Sempre existe uma fricção entre uma planificação coletiva e os direitos de cada indivíduo. Por isso a liberdade para planificar é relativa e sempre deve-se planejar conforme às regras da sociedade. Assim, existem recursos que precisam de uma planificação coletiva como os recursos hídricos, em tanto que outros recursos, tais como que cultivo fazer, são uma decisão individual.

FAO (1994) considera que o processo de planificação se torna mais necessário em sociedades dinâmicas onde os câmbios ocorrem aceleradamente e não há lugar para processos de adaptação natural.

Conforme o estabelece a FAO (2001) Ordenamento Territorial é o processo mediante o qual se procura elaborar um plano ou uma visão sobre como organizar o uso e a conservação da terra dentro de um território e como utilizar os recursos para satisfazer as necessidades e desejos dos diferentes grupos de interesse, tanto na atualidade como para o futuro.

O ordenamento então é um processo que visa organizar uma área determinada, podendo ser uma província ou estado, um município ou uma micro bacia hidrográfica. O processo está fortemente baseado na situação atual, os interesses das pessoas e no potencial dos recursos disponível. Um dos recursos considerado mais importante é o recurso terra, entendendo como tal às formações geológicas, os solos, água, vegetação, fauna, clima hidrologia e os resultados da intervenção humana.

FAO (2003) define também a avaliação de terras como sendo o processo de determinação e previsão do comportamento de uma porção de terra usada para fins específicos, considerando aspectos físicos, econômicos e sociais. Esta avaliação considera os aspectos econômicos do uso proposto, suas consequências sociais para as pessoas da área e do país em geral considerando também as repercussões benéficas ou adversas para o meio ambiente.

Sendo assim, a avaliação de terras é uma ferramenta necessária para a planificação racional dos recursos naturais e humanos. Cada porção da terra deve ser usada de modo tal que forneça o máximo de benefício para a sociedade sem uma degradação dos recursos.

Esta planificação tem dois aspectos: o primeiro é o aspecto político que determina os objetivos e arbitra os conflitos de interesses, o segundo é o aspecto racional ou técnico, que assegura que os planos sejam factíveis e que uma quantidade adequada de dados seja considerada para avaliar a decisão.

FAO (2003), define também a planificação agrícola como o processo de distribuição de usos da terra, incluindo os recursos tempo, capital e trabalho, para atingir um benefício máximo do grupo de usuários no curto, médio e longo prazo, sem degradação da terra.

Todo planejamento que procura o desenvolvimento deve ser feito com o valor da sustentabilidade. Tal vez a definição de sustentabilidades mais aceita hoje é estabelecida pela comissão Brundtland no relatório “Nosso futuro Comum” que diz que é “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

Na atualidade existe um grande consenso sobre os aspectos contemplados num desenvolvimento sustentável. Eles são basicamente três:

Aspectos econômicos: um sistema economicamente sustentável é aquele capaz de produzir bens e serviços de forma contínua procurando o bem-estar da população e minimizando os danos e poluição ambiental.

Aspectos sociais: o Sistema socialmente sustentável é aquele que procura o bem-estar para toda a sociedade visando a equidade da população, favorecendo e procurando o desenvolvimento equilibrado das pessoas.

Aspectos ambientais: Um sistema ambientalmente sustentável é aquele que procura evitar a sobre exploração dos recursos naturais renováveis e utiliza de modo limitado os recursos naturais não renováveis a modo de evitar sua extinção.

Em resumo o planejamento do uso do solo envolve a decisão de onde e quanto alocar cada um dos tipos de usos possíveis do solo.

2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

As análises das relações topológicas como resultado de processos biofísicos/ambientais e socioeconômico como a configuração espacial dos diferentes usos do solo, são aspectos importantes nas análises de aptidão do uso do solo, e muitas vezes esquecidas (CARSJENS e VAN DER KNAP, 2002).

COLLINS, STEINER e RUSSMAN (2001) descrevem a evolução das técnicas de análise de aptidão do uso do solo com informações espaciais, as que são cada vez maiores e mais numerosas, e que formam os sistemas

computacionais e os Sistemas de Informação Geográfica o auxiliam até tornar-se ferramentas imprescindíveis neste tipo de análise.

Desde que os SIG foram criados, lá pelos anos 60 até hoje, evoluíram notavelmente atingindo vários resultados que tornam estes sistemas em uma ferramenta potente para todas aquelas disciplinas que requerem a gestão e análises de dados espaciais de um jeito eficaz e rápido.

MALCZEWSKI (2004) reconhece três etapas na evolução dos SIG:

- 1) A primeira fase denominada de inovação em SIG compreende entre os anos 1950 e 1960. Os dois maiores fatos que impulsionaram esta inovação foram as melhoras em tecnologia de hardware e os avanços nas teorias das ciências espaciais. Os primeiros SIG propriamente apareceram nos anos 60 quando os computadores começaram a ficar acessível para os governos e as universidades. Até aqui os SIG não estavam disponíveis para o público comum. Conforme avançavam as melhoras no hardware também avançaram as melhoras nos SIG. As técnicas para análises espaciais estavam baseados em conceitos espaciais tais como distancia, orientação, conectividade e representação geométrica de entidades geográficas na forma de objetos rudimentares tais como pontos, linhas e polígonos. Muitas das técnicas foram assentadas na teoria da cartografia e geografia. Conceitos tais como mapas temáticos, estrutura topológica, TIN (*triangulated irregular network*) já eram usados pelos SIG nessa época. Até esse momento, as técnicas SIG foram utilizadas apenas por especialistas, governos e universidades. Conforme avançou a tecnologia do hardware também o software foi adaptando-se para utilizar as potencialidades dos primeiros.
- 2) A segunda fase chamada de integração de SIG para fins gerais teve desenvolvimento nos anos 80 com o advento dos microprocessadores. Os hardware começaram a ter muito menos custos ficando acessíveis a maioria dos usuários e a ter maiores capacidades de processamento. Muitas empresas de SIG já se estabeleceram nos anos 60, porém não foi

até os anos 80 que conseguiram implementar um SIG de uso massivo por parte de governos municipais e departamentos acadêmicos. Tal foi o caso da ESRI (*Environmental System Research Institute*) que lançou no início dos anos 80 uns dos primeiros softwares SIG de uso massivo. Foi o ARC INFO que baseou sua potencialidade na implementação das informações de atributos e locação. Para isto implementou um sistema de gestão de base de dados relacional (INFO) para gerenciar os atributos e softwares especializados para gestão das entidades chamados de arcos (ARC). Este conceito modular foi utilizado por outras empresas dedicadas ao desenvolvimento de SIG. Também nesta época, foi desenvolvida na *Yale School of Forestry and Environmental Studies* pelo TOMLIN, (1994) o conceito de Álgebra de Mapas que possibilitou fazer certas operações entre camadas temáticas.

- 3) A terceira etapa chamou-se de proliferação e começou no final dos anos 80. A maioria dos SIG começaram a funcionar em ambiente Windows. As interfaces dos SIG começaram a ser mais fácil de trabalhar, e quanto mais complexos os softwares, mais amigável foram as interfaces entre o usuário e o computador. Os usuários foram expandindo-se e também começou uma proliferação de dados espaciais fornecidos pelas organizações e governos. Os SIG foram utilizados principalmente com fins de planejamento e geração de mapas. Talvez, uns dos maiores avanços observados nesta fase é a interoperatividade dos SIG utilizando a rede de redes (*Internet*) para comunicação entre usuários. Isto ocorreu principalmente na segunda metade dos anos 90 onde apareceu o conceito de Open GIS. Sob este conceito foi possível acessar remotamente aos SIG de diferentes usuários.

Assim temos que os SIG foram evoluindo conforme evoluiu a tecnologia do hardware, de sistemas de softwares fechados para usuário espertos para sistemas abertos ao usuário comum mediante as interfaces amigáveis entre os usuários e os computadores.

Conforme foram evoluindo os SIG e adquirindo maiores potencialidades, também foi evoluindo a definição de SIG. Assim BURROUGH (1986), define o SIG como “tecnologia informática para gestão e análises de informação espacial”; CEBRIAN (1992), definiu ao SIG como sendo uma “base de dados georreferenciada ou base de dados espaciais”; GOODCHILD¹ (1997 citado em GÓMEZ e BARREDO 2005 p.1) define como “tecnologia integradora que une várias disciplinas com objetivo comum de análises, criação, obtenção, armazenamento, edição, transformação, visualização, etc. de informação geográfica”. Conforme estabelece MALCZEWSKI (2004), um SIG é considerado “um conjunto de ferramentas para captura, armazenamento e recuperação, manuseio, análise e saída de dados espaciais”.

Nas definições citadas e, em muitas outras, pode-se observar que os elementos comuns a que fazem referência são base de dados espaciais ou georreferenciados e à capacidade operacional dos SIG para armazenar, recuperar e analisar dados espaciais. Estes dados, basicamente contém características de localização (x,y) e atributos temáticos z nas quais baseia-se todas as operações possíveis de fazer num SIG.

Os SIG na atualidade possuem estas potencialidades e muito mais. Auxiliada pelo grande avanço nos *hardware* e *software* puderam ser desenvolvidos poderosos SIG que permitem criação de dados, manuseio, análise, cruzamentos (*overlay*) de dados espaciais e, até certo ponto fazer operações matemáticas combinando diferentes bases de dados utilizando a ferramenta álgebra de mapas (TOMLIN, 1994). Na atualidade os SIG são um valioso auxílio nas engenharias, em problemas de toma de decisões e em modelação de cenários que envolvem dados espaciais.

¹ Goodchild, M (2000). New horizons for the social sciences: geographic information systems. In Social Sciences for a Digital World: Building Infrastructure and Database for the Future. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris, 163-172

Segundo GÓMEZ e BARREDO (2005), os SIG estão formados basicamente por quatro elementos: *hardware*, *software*, *dados* e *liveware* (operador).

Segundo o mesmo autor o *hardware* é o componente físico que suporta ao SIG. Geralmente é um computador pessoal cujas potencialidades na atualidade são suficientes para suportar a maioria dos SIG.

O componente software são conjuntos de programas que permitem fazer as operações próprias dos SIG. Existem no mercado uma grande oferta de software SIG. Todos eles fazem operações que são comuns, porém cada um deles se diferencia por apresentar particularidades em quanto ao modelo de dados que utilizam, operações que podem realizar, maneira de armazenar os dados, capacidade de processamento de dados e outros.

O terceiro elemento dos SIG são os dados, sem dúvida a parte mais crítica dos SIG. Quando se aborda um projeto de ordenamento territorial ou planificação regional um elemento a levar em conta é a disponibilidade da informação e o formato em que estão disponíveis. Na hora de utilizar estes dados é necessário homogeneizar a informação quanto à formatos e escalas para depois ser utilizadas nos SIG.

O último elemento, *liveware*, envolve às pessoas encarregadas do desenho, implementação e uso dos SIG. Esta é a parte mais importante do sistema, sendo as pessoas as que devem gerenciar os SIG e todas as potencialidades que oferecem. As pessoas são as encarregadas de vincular os três elementos antes citados e pôr à disposição de uma equipe planejadora e outros entes centrados no uso da informação espacial.

As funções dos SIG como já foram colocadas nas definições são: captura de dados, armazenamento e recuperação, análise e saída de dados (CROMLEY e HANINK, 1999; GOMEZ e BARREDO, 2005; MALCZEWSKI, 2005).

Por captura de dados entende-se ao processo de identificar e obter os dados para uma aplicação específica. Este processo envolve a aquisição, georreferenciada, compilação e documentação dos dados, os quais são obtidos de

produtos de sensores remotos como *inputs*, tais como imagens de satélites ou fotos aéreas, ou bem, pode ser informação direta do sensor, por exemplo, as informações de relevo fornecido pelo programa SRTM da NASA (<http://srtm.usgs.gov>) a qual fornece para o mundo todo modelo de elevação digital do terreno. Dependendo do propósito do usuário, hoje são cada vez maiores as possibilidades de obtenção de dados para alimentar um SIG.

Outras fontes de informação muito importantes são os *Global Navigation Satellite System* (GNSS). O sistema de uso corrente é o sistema *GPS* (*global positioning systems*) que com os aparelhos adequados fornece posicionamentos de alta precisão, que podem ser introduzidos diretamente ao SIG, integrando assim uma camada de informação. Outros sistemas de posicionamento por satélite são o GLONASS da Rússia e o sistema GALILEU da comunidade Europeia.

Outra função básica do SIG é a gestão de dados que compreende o armazenamento e recuperação de dados, relacionado com a forma em que se organizam os dados temáticos nas bases de dados.

A função de transformação e análise dos dados é uma das mais importantes. Segundo GOMEZ e BARREDO (2005), esta função permite obter novas camadas temáticas a partir das existentes, conforme os problemas que o usuário deseja resolver. As funções analíticas transformam um SIG numa máquina de simulação na qual os gerentes e planejadores do território podem obter uma visão geral de quais os impactos de suas decisões no território, antes mesmo de executar as obras.

Mesmo que as funções de análise constituam uma fortaleza nos SIG, é importante destacar as limitações que ainda têm estas funções, principalmente quando se trata de ligar certas ferramentas de decisões tais como otimizadores ou cálculos mais complexos (CROMLEY e HANINK, 1999).

As saídas de dados são outras das funções dos SIG. Existem diversas formas de saída de dados dependendo dos requerimentos do usuário. As mais comuns são os mapas analógicos, tabelas, gráficos, simulações de voo sobre

certas zonas, dentre outros. Através destas saídas se representam os dados contidos nos SIG (GOMEZ e BARREDO, 2005)

Conforme menciona o mesmo autor, os dados espaciais contidos num SIG podem ser entendidos como um conjunto de mapas de uma parte específica do território, representando cada um deles uma variável (camada) temática. Uma camada temática pode ser entendida como a separação lógica dos dados espaciais de um mapa conforme um tema determinado. Sobre um mesmo espaço do território coexistem muitas variáveis espaciais, cada uma delas representando determinados tipos de objetos. Ao se compor um mapa de um território conforme um conjunto de variáveis determinadas se faz a superposição vertical das distintas camadas temáticas segundo uma projeção cartográfica, integrando os temas que estão contidos em cada uma delas.

Conforme o estabelece JENSEN (1996) existem três tipos fundamentais de dados que podem ser armazenados num SIG representando aos objetos espaciais: pontos, linhas, polígonos. Esses objetos espaciais são representados num SIG conforme dois tipos principais de estruturas de dados de estruturas: modelo vetorial e modelo raster.

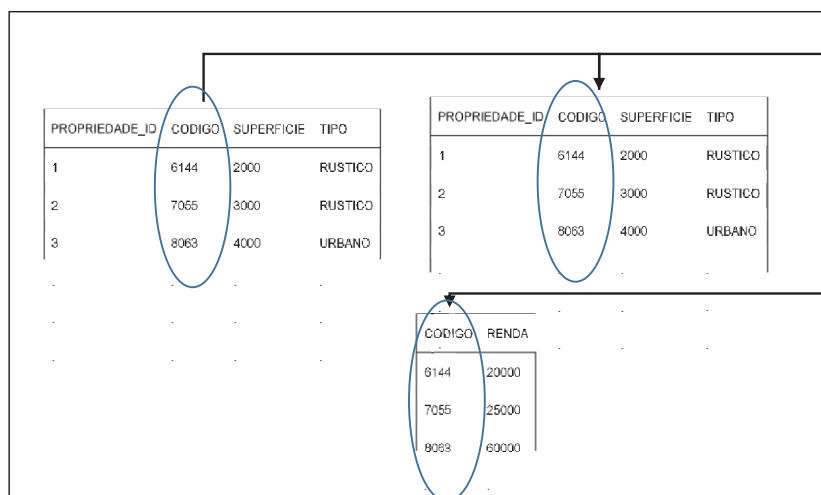
ARONOFF (1989), afirma que no modelo vetorial as informações do mundo real são representadas por pontos e linhas, que definem seus limites ou fronteiras, estabelecendo um sistema de coordenadas (x,y) para alocar cada objeto espacial em uma camada temática. Neste modelo de dados o espaço tem caráter contínuo, por exemplo as áreas internas num polígono pertencem a um elemento único as quais definem-se explicitamente.

Os dados alfanuméricos de cada elemento representado no modelo vetorial são armazenados em uma tabela de características associadas a cada camada de dados espaciais, dados que podem ser usados para rotular cada objeto espacial no SIG.

As tabelas de características dos dados vetoriais, são do tipo base de dados relacional. Neste tipo de modelo, a base de dados tem um grupo de relações que vinculam dados entre si. Uma matriz de tabelas é utilizada para armazenar os

dados. Duas ou mais tabelas estão relacionadas, mediante campos específicos chamados de chaves. Ou seja, cada tabela tem dados relevantes a um objeto particular e é ligada a outra tabela por meio de um valor comum, conforme pode-se observar na figura 2.01. As vantagens dos modelos relacionais é que são de fácil acesso e precisam de mínimo treinamento técnico para o usuário. Além disso é de fácil edição dos dados sem alterar as relações entre tabelas. Este tipo de tabelas é gerenciado por meio de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) do inglês Data Base Management System (DBMS) que executam comandos na linguagem SQL (Structured Query Language) (GOMEZ e BARREDO, 2005).

FIGURA 2.01 - MODELO DE BASE DE DADOS RELACIONAL



FONTE: O autor (2006)

Num modelo de dados raster o espaço está representado por um conjunto de unidades espaciais chamadas células ou píxels (*picture elements*) as quais representam unidades homogêneas de informação espacial. Estes estabelecem sua localização por meio de um sistema de referência em linhas e colunas. Num modelo raster cada célula tem um valor ou código atribuído correspondendo ao tipo de informação temática que representa. Cada espaço é constituído por um grande número de células regularmente distribuídas, cada uma delas pode ter diferentes valores. Neste modelo, as principais estruturas são a de enumeração exaustiva e a codificação por grupos de comprimento variável (*run length encoding*), que implica numa importante redução no espaço de armazenamento de dados em relação à primeira.

Uma camada temática pode ser representada por qualquer modelo de dados, porém nos modelos raster pode-se gerar um número elevado de células para representar um objeto espacial, dependendo da sua resolução. Entretanto no modelo vetorial um polígono pode representar qualquer superfície. Outra limitante dos dados raster é que estes suportam só um campo de código, já os dados vetoriais podem suportar um grande número de atributos para um mesmo objeto por meio de sua tabela de atributos e, ainda mais, pode ser adicionada qualquer base de dados externos somando mais atributos.

Os dados raster possuem maiores capacidades de análise que os dados vetoriais. Além da possibilidade das operações de lógica booleana e aritméticas compartilhadas pelos dois tipos de modelos de dados, o modelo de dados raster pode suportar ainda operações de álgebra de mapas (TOMLIN 1994), funções de proximidades, interpolação de dados, estatísticas univariadas e multivariadas, medidas de autocorrelação que conferem ao modelo raster certas vantagens sobre o modelo vetorial.

Porém as desvantagens principais do modelo raster são gerar um número elevado de células para representar um objeto espacial e podem conter só um campo de dados.

Porém, não se trata aqui de determinar se um modelo de dados é melhor que outro, simplesmente, dependendo do tipo de objeto a representar e as funções e análises que se pretendem desenvolver, o analista deve escolher o modelo de dados mais adequado.

Entre as capacidades dos SIG amplamente reconhecidas está sua habilidade para desenvolver análises integradas de dados espaciais (GOODCHILD, 1987; TOMLIN, 1990; 1994; COLLINS, STEINER e RUSHMAN 2001; MALCZEWSKI, 2004). Os dados contidos em mapas temáticos, são manipulados e analisados para obter informações úteis para aplicações particulares.

MALCZEWSKI (2004), diz que existe um grande número de operações possíveis de se desenvolver num SIG. Ele as classifica em dois grandes tipos:

Operações básicas e operações avançadas. As operações básicas são aquelas do tipo genéricos e que auxiliam a uma grande variedade de usos. Algumas delas são medições, reclassificação, operações com escala e *overlay* ou cruzamento de mapas, operações de vizinhança e operações de conectividade. A maior parte dos softwares SIG possuem a capacidade para realizar estas operações.

TOMLIN (1990) menciona que o a modelagem cartográfica é uma metodologia geral para análise e síntese de dados cartográficos. Ele define a modelagem cartográfica como o uso de operações básicas de um SIG seguindo uma sequência lógica de operações para resolver problemas espaciais complexos.

Conforme GOODCHILD (1987) a análise espacial é um conjunto de técnicas cujos resultados são dependentes da localização dos objetos ou eventos analisados, precisando do acesso à localização e os atributos dos objetos.

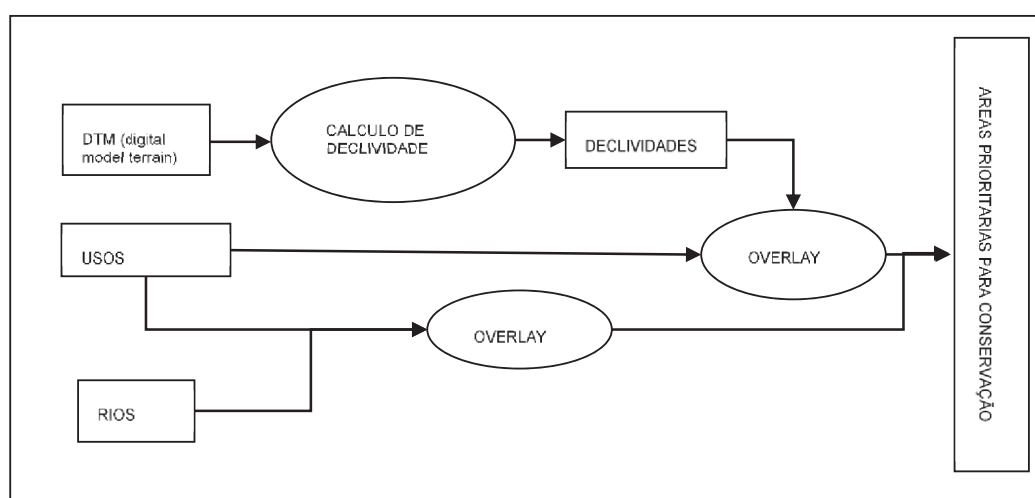
Tem-se dois tipos comuns de operações de cruzamento de mapas (*overlay*) em SIG: a) *overlay booleano* que utiliza os operadores lógicos *AND* e *OR*, e b) *overlay* mediante combinação linear ponderada (WLC: *weighted linear combination*). A operação booleana *AND* classifica uma região para uma determinada aptidão de uso se ambos mapas ultrapassam um valor limite mínimo estabelecido. O operador booleano *OR* classifica uma região para uma aptidão determinada quando quaisquer um dos mapas ultrapassa um valor limite mínimo. O WLC combina mediante operação do tipo soma, mapas de variáveis padronizadas, cada variável com uma importância dada por seu correspondente peso, segundo sua importância para a classificação de aptidão de uso.

A análise de aptidão do uso do solo é uma ferramenta usada para identificar as locações mais adequadas para futuros usos. Seus maiores avances baseiam-se nos avances das técnicas de modelagem nos SIG. As técnicas de idoneidade permitem aos planejadores e administradores ambientais analisar as interações entre três tipos de fatores: locação, ações de desenvolvimento e elementos ambientais (COLLINS, STEINER e RUSHMAN 2001). Analisando a evolução, ele diz que a técnica mudou desde os desenhos a mão de mapas de usos, passando pelo aprofundamento das bases da literatura do uso do solo, as técnicas de

cruzamento de mapas assistido por computador até uso de métodos multicritérios, técnicas de otimização, conhecimento experto e inteligência artificial.

Segundo MALCZEWSKI (2004), a modelagem cartográfica para fins de análise de aptidão de uso do solo envolve três etapas: a) Pré-processamento do conjunto de dados espaciais; b) desenvolvimento de um diagrama de fluxo para representar graficamente o modelo de aptidão de uso, o qual representa o processo de movimento dos dados para a solução do mapa de aptidão de uso. Na figura 2.02 apresenta-se um exemplo de diagrama de fluxo; c) Execução do modelo usando operações SIG.

FIGURA 2.02 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUXO PARA CÁLCULO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS DE CONSERVAÇÃO.



FONTE: O autor

Na primeira etapa, devem registrar-se todos os dados obtidos no mesmo sistema de coordenadas e, para o qual, é necessário aplicar processo de transformação de projeção. Também é necessário controlar que os dados possuam a mesma escala.

Logo de organizados os dados, passa-se à segunda etapa. A técnica de álgebra de mapas é a ferramenta básica usada para relacionar os dados de entrada mediante operações algébricas. Quando em álgebra comum as variáveis são representadas por símbolos como x e y, em álgebra de mapas, cada mapa de entrada representa uma variável. Como acontece em álgebra tradicional, em álgebra de mapas, as operações de soma, subtração, multiplicação, divisão,

potência, etc. são arranjadas numa sequência lógica para fazer as operações espaciais complexas. Assim, a partir de um ou mais mapas, é originado um novo, conforme as operações realizadas. Muitas vezes é necessário sequência de operações, para o qual pode ser programado segundo o software, operações aninhadas.

2.2 MODELAGEM MATEMÁTICA DO USO DA TERRA BASEADO EM SIG

Os SIG evoluíram notavelmente desde seus inícios até agora, porém muitas vezes eles simplesmente não oferecem soluções adequadas para determinados problemas de análise e modelagem espacial. Este fato foi confirmado por diversos autores tais como MALCZEWSKI (2004), MALCZEWSKI e RINNER (2005), CROMLEY e HANINK (1999), AERTS et al (2002), HILFERINK e RIETVELD(1999).

Dentro destas ferramentas de análise, que precisam evoluir, destacam-se as necessárias para modelar espacialmente problemas de alocação e uso da terra.

FISCHER e NIJKAMP (1992), visualizam a análise espacial num sentido amplo, como a análise de informação espacial e não-espacial de elementos em sistemas espaciais ou têmpera-espaciais, como uma ferramenta para sua descrição, explicação e predição. A modelagem espacial utiliza técnicas dos SIG, como superposição de camadas, e outras matemáticas e estatísticas normalmente não disponíveis nos SIG.

GÓMEZ e BARREDO (2005), citam que a modelagem espacial pode ser utilizada para três propósitos:

1. Predição e geração de cenários,
2. Análise de impacto de políticas,
3. Geração ou desenho de políticas.

GOODCHILD (1987) definiu seis tipos gerais de operações de análise espacial que podem realizar-se num entorno SIG:

1. As que requerem só acesso aos atributos de uma classe de objetos,

2. As que requerem acesso só à informação de localização (topológica) dos objetos,
3. As que requerem acesso tanto aos atributos como de localização (topológica) dos objetos,
4. As que criam pares de objetos de uma ou mais classes de objetos,
5. As que precisam acesso aos atributos e a localização de mais de uma classe de objetos ou pares de objetos,
6. As que criam uma nova classe de uma ou mais classes existentes de objetos.

Segundo GOMEZ e BARREDO (2005), estas operações espaciais permitem realizar uma ou mais das seguintes análises espaciais:

1. Análise exploratória de padrões de pontos e procedimentos de análise de áreas para a identificação de padrões e relações espaciais;
2. Modelos estatísticos têmpora-espaciais para à aquisição, armazenamento, análise e predição;
3. Ferramentas para a gestão de relações, origem destino em sistemas espaciais e têmpora-espaciais;
4. Modelos de localização – alocação;
5. Procedimentos de rotas ótimas;
6. Procedimentos de busca espacial;
7. Procedimentos de interpolação de dados espaciais;
8. Outros.

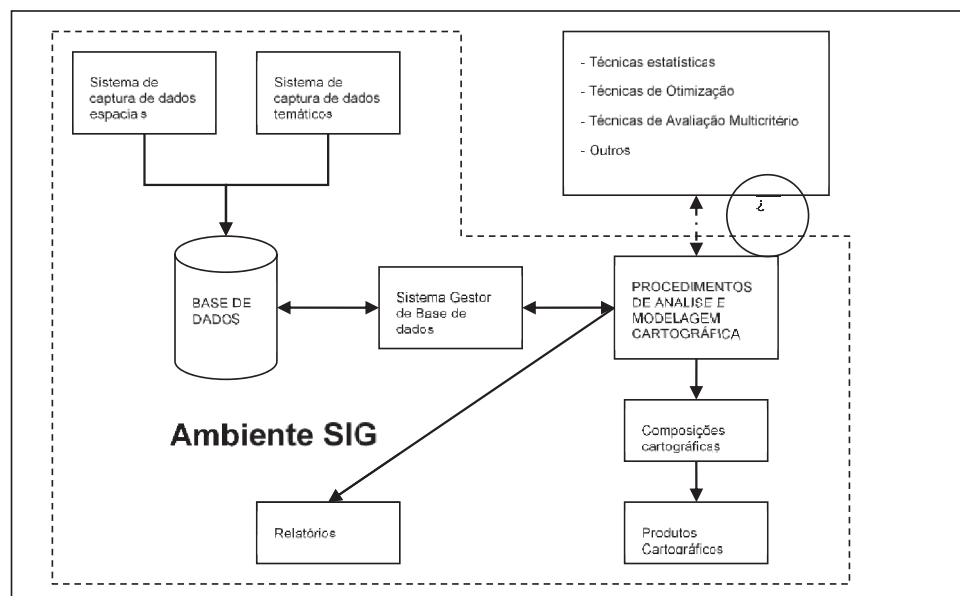
COLLINS, STEINER e RUSHMAN (2001), mencionam que as ferramentas de análise de aptidão de uso do solo são utilizadas para determinar locações

futuras dos diversos usos. Os planejadores de uso do solo devem analisar as interações entre três tipos de fatores: locação, ações desenvolvidas e elementos ambientais. As interações entre esses fatores podem ser mapeadas de diversas formas, tais como colocar no mapa as formas em que os diversos usos do solo impactam sobre os processos ambientais, prognosticar como os processos de desenvolvimento impactam sobre o ambiente ou quais são as locações mais propícias para os desenvolvimentos propostos.

É notável a necessidade de ferramentas para análise de aptidão de uso do solo e muitos esforços estão sendo direcionados para resolvê-los utilizando SIG e outras ferramentas de modelagem (EASTMAN, 1993, CARVER, 1991, CHUVIECO, 1993, EASTMAN 2001).

Na figura 2.03 se observa a vinculação dos SIG com as técnicas e procedimentos de modelagem de uso do solo. Nela se representa a união da modelagem espacial e análise não espacial como um “elo perdido” na estrutura de tratamento dos dados de um SIG convencional, ou seja, solto ou esquecido na relação com a estrutura genérica dos SIG. Na figura está desunião e representada pelo sinal de pergunta.

FIGURA 2.03 - ESTRUTURA DE ANÁLISE E MODELADO ESPACIAL NA ESTRUTURA DE OPERAÇÕES DOS SIG.



FONTE: Adaptado de GOMEZ e BARREDO (2005)

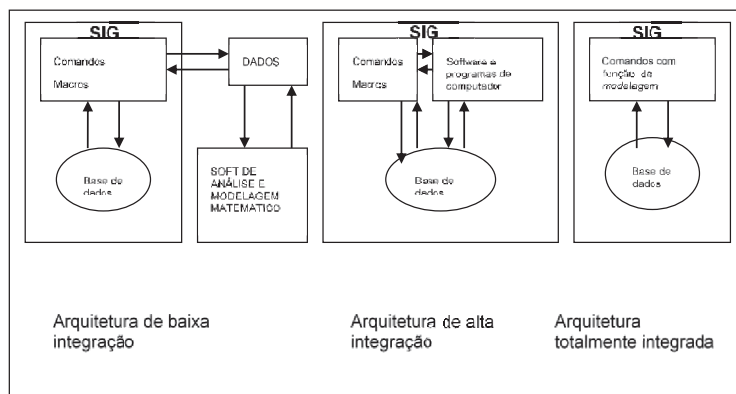
Segundo CROMLEY e HANINK (1999) os problemas de uso da terra com modelos de programação matemática são resolvidos geralmente fora do ambiente SIG, podendo ter uma interface de comunicação com SIG ou simplesmente como um sistema de subsídio à toma de decisão sem integração com o SIG.

GOMEZ e BARREDO (2005) assinalam que existem várias arquiteturas de integração de um sistema de modelagem com SIG, em referência ao fluxo de dados entre os SIG e sistema de modelagem do uso do solo:

1. Sistemas autônomos com formato de dados separados e sem comunicação entre eles;
2. Sistemas de baixa integração (*Loose coupling*) com formato de dados comuns precisando da intervenção do operador para comunicação;
3. Sistemas de alta integração (*Close coupling*) dos modelos utilizando macros,
4. Sistemas completamente integrados aos SIG.

Na figura 2.04, pode-se verificar um esquema das três últimas categorias assinaladas, já que a primeira não tem nenhuma ligação entre sistemas.

FIGURA 2.04 - ARQUITETURAS DE INTEGRAÇÃO DE MODELOS SIG E MODELAGEM DE USO DO SOLO.



FONTE: GOMEZ e BARREDO (2005).

Os SIG com a integração das operações de modelagem espacial incrementam sua potencialidade e tornam-se ferramentas potentes para auxiliar processos de tomada de decisão relacionadas com problemas de uso da terra em todos os níveis. Assim, esta integração pode descrever, explicar, planejar ou prognosticar aqueles processos de natureza espacial.

Nos problemas relacionados ao uso da terra a análise que precisa ser conduzida são de tipo locação – alocação. Atualmente existem vários métodos para conduzir esta análise. Dentre eles podemos citar as técnicas de otimização como a programação matemática e Decisão Multicritério, as que procuram resolver problemas espaciais procurando obter um valor ótimo de alguma função objetivo sem infringir certas restrições ou limitantes.

MALCZEWSKI (2004) classificou da seguinte maneira os modelos matemáticos para subsidiar problemas de alocação de uso da terra:

1. Cruzamento (overlay) de mapas assistido por computador,
2. Métodos de decisão multicritério (MCDM *Multicriteria Decision Making*), entre os quais coloca aos métodos multiobjetivos e de programação matemática, e

3. Métodos de inteligência artificial.

Segundo o mesmo autor, o primeiro método foi criado para superar as limitações que apresentavam o cruzamento de mapas de maneira manual, quando se trabalha com grandes volumes de dados.

O método armazena os mapas ou camadas temáticas em formato numérico de forma matricial que pode ser simbolizado num mapa de tons de cinza ou bem cores graduadas. As técnicas mais comuns usadas nos cruzamentos são a utilização de operações booleanas (*AND* e *OR*) e os métodos de combinação linear ponderada (*WLC Weighted linear combination*). No caso das operações booleanas se estabelecem umbrais que determinam que valores assumiram o mapa de resultados dependendo dos mapas de entrada.

SANQUETA et al (2002), fizeram um trabalho de zoneamento para a definição de áreas prioritárias para criação de Unidades de Conservação, em zonas de relevante interesse ecológico, e alternativamente para uso silvicultural e/ou agropecuário, em áreas com vocação natural para estas atividades, sem prejuízos e impactos significativos para o meio-ambiente, na região chamada de Floresta Ombrófila Mista no Estado de Paraná Brasil. Eles usaram um conjunto de variável biofísicas, ambientais, e socioeconômicas, dispostas em forma de mapas com unidade básica de 100 ha. A partir desses dados e utilizando regras de decisão com operadores booleanos conseguiram fazer o zoneamento da região de interesse.

Na universidade de Harvard foi desenvolvido um dos primeiros softwares para o auxílio da toma de decisão do uso do solo. É o programa SYMAP e GRID systems, que envolve um módulo para fazer modelagem de uso do solo baseado em operações booleanas (MURRAY, ROGERS e STEINTZ², 1971, citado por MALCZEWSKI 2004, p.17).

²Murray, T, Rogers, P., Steintz, D, Toth, C., Way, D. (1971). Honey Hill: a systems analysis for planning the multiple use of controlled water areas. 2 vols. Report AD 736344. National Technical Information. Springfield, Virginia.

As técnicas *overlay* e cruzamento de mapas foram facilitadas com a introdução por TOMLIN (1994) a da álgebra de mapas.

Nas operações de tipo WLC não se estabelecem limites mínimos ou máximos, os mapas são combinados conforme os pesos conferidos a cada variável segundo a sua importância para o problema. Como resultado disto obtém-se mapas com valores contínuos que refletem o grau em que uma determinada localização satisfaz um objetivo.

Tanto o método *overlay* como WLC ou MCDM são técnicas fáceis de entender e de fácil aplicação. Porém possuem desvantagens tais como a dificuldade de alocar corretamente os pesos a cada atributo ou mapa, a padronização dos mapas e a aplicação da técnica sem verificar a independência entre atributos ou mapas.

A maioria dos pacotes SIG está dotada de ferramentas integradas para conduzir análises espaciais baseadas em técnicas *overlay* e WLC. Embora muitas análises espaciais podem ser feitas com os atuais pacotes SIG, elas não englobam técnicas mais complexas como as que envolvem sistemas de decisão multidimensionais e orientados a multiobjetivos, conflitantes entre si, tais como programação matemática e programação linear.

Conforme CARVER (1991), a estrutura matemática na que se apoiam os problemas de decisão multidimensionais e multiobjetivos são as conhecidas técnicas de otimização multiobjetivo, na qual ambos objetivos, complementar e conflitantes, são descritos como problemas de decisão multiobjetivos.

MALCZEWSKI (2004) menciona que as técnicas de decisão multicritério (MCDM) unidas aos SIG representam um importante avanço em relação as técnicas tradicionais de *overlay* ou superposição de mapas. Num ambiente SIG as técnicas MCDM estabelecem de que forma os dados ou camadas temáticas se relacionaram entre elas, levando em conta os interesses e as preferências do tomador de decisão. Isto é, cumprem as funções de estabelecer as regras de decisão no processo.

Segundo relata GÓMEZ e BARREDO (2005), os métodos de decisão multicritérios podem ser conceituados como um conjunto de técnicas orientadas a assistir nos processos de toma de decisão sendo o fim básico pesquisar um número de alternativas sob múltiplos critérios e objetivos em conflitos. O objetivo da técnica é avaliar, ordenar, hierarquizar, selecionar ou rejeitar objetos, conforme uma avaliação expressada por pontuações, valores ou intensidades de preferência conforme vários critérios. Este método está sendo amplamente utilizado para resolver problemas de uso da terra, com finalidade socioeconômico e ambientais (YALCIN e AKIUREK 2002, ASCOUGH et al 2002, HJORSTO e STRAEDE 2001).

Existem uma consideração de importância no método MCDM: os SIG devem ter capacidade para armazenar, recuperar, manusear e analisar os dados, além da capacidade de combinar dados espaciais e números unidimensionais que representem as preferências do tomador de decisões (MALCZEWSKI 2004).

Segundo o mesmo autor várias regras de decisão foram propostas para resolver problemas de alocação do uso da terra. Elas podem ser classificadas em regras de decisão multiobjetivo e regras de decisão multiatributo.

As regras multiobjetivo são métodos orientados a modelos de programação matemática. Nesta metodologia dois ou mais objetivos são estabelecidos para ser otimizados sob um conjunto de restrições impostas. O modelo assim colocado é resolvido convertendo-o a um só objetivo a otimizar e os outros, são colocados como restrições. Assim, pode ser resolvido com a técnica de programação linear, ou bem, com programação inteira.

Conforme explica CROMLEY e HANINK (1999) os problemas de uso do solo que envolvem programação linear são geralmente resolvidos fora do ambiente SIG, porém eles podem ter uma interfase com SIG. Nesta linha trabalharam CHUVIECO (1993) e CAMPBELL (1992).

2.3 PROGRAMAÇÃO LINEAR

MALLAAWARACHCHI et al (1996) menciona que a Programação matemática atinge um rango de técnicas de otimização usados para encontrar a

solução ótima a problemas que envolvem muitas variáveis interagindo entre si. Basicamente seu princípio é determinar o máximo ou mínimo valor numérico de alguma expressão matemática dentro de um conjunto de limites estabelecido pelas funções de restrição:

$$\text{Maximizar (ou minimizar)} z = f(x)$$

$$g_i(x) \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Aqui $f(x)$, e $g_i(x)$ são funções conhecidas de x com valores reais e o vetor b_i também conhecido.

SALKIN³ (1975, citado por ORLAMUNDER DE SOUZA, 2004, p.9), menciona que um modelo de Programação Linear é um modelo matemático desenvolvido para estabelecer os valores de um conjunto de variáveis, visando maximizar ou minimizar uma função linear, função objetivo, enquanto satisfaz um conjunto de restrições lineares.

Conforme estabelecem BUONGIORNO e GILLES (1987), Programação Linear é uma técnica geral de otimização. Ela foi desenhada para resolver problemas gerenciais e, de fato, foi uma das primeiras ferramentas práticas utilizadas para a abordagem de complexos problemas de tomada de decisão comum na indústria, agricultura e governo.

Dentre os muitos usos da programação linear, a análise de alocação do uso do solo é um deles. Neste tipo de problemas procura-se alocar de forma ótima e sustentável o recurso solo aos diversos tipos de uso que ocorrem nas áreas rurais.

É bom salientar neste ponto o consenso geral em torno a sustentabilidade, a que envolve questões econômicas, sociais e ambientais. Sendo assim os objetivos a serem otimizados no processo de alocação de solo, correspondem a essas três grandes áreas.

³ SALKIN, H.M., Integer Programming. Reading, Massachusetts: Addison Wesley. 1975

Conforme estabelecem LECCESE e Mc CORMICK (2000), nos problemas de otimização de uso sustentável do solo, os objetivos comumente são conflitantes, e não podem ser satisfeitos todos eles simultaneamente. A solução pode-se encontrar colocando todos os objetivos numa função (função objetivo) a otimizar ou selecionar um dos objetivos como principal e os demais cumprem as funções de restrições.

LU e Van ITTERSUM (2004) no seu trabalho sobre análise de compensação de objetivos da política para um setor da China, trabalharam com objetivos ambientais, tal como perda do solo, perda de nutrientes, minimização no uso de fertilizantes e biocidas; objetivos de produtividade, tais como eficiência do trabalho, minimização da área de cultivos, maximização da produtividade, minimização de custos de produção; objetivos de tipo sociais, como maximização de empregos na agricultura, maximização da produção agrícola e maximização da renda.

RABINGGE e Van LATESTSTEIJN (1992) ao trabalhar com opções de uso da terra a longo prazo na Comunidade Europeia, estabeleceram objetivos agrícolas: maximizar produção do solo e minimizar custos de produção agrícola; objetivos socioeconômicos: maximização total de empregos na agricultura, minimizar o decrescimento regional de empregos na agricultura; objetivos ambientais: minimizar uso de nutrientes e pesticidas por unidade de superfície e por unidade de produto.

Os aportes dos SIG junto aos modelos de Programação linear (PL) para determinar as aptidões e alocação de uso do solo, estão sendo usados cada vez mais para melhorar a configuração espacial das diversas culturas agrícolas nas áreas rurais, orientados a objetivos que visam sustentabilidade e avaliados sob diversos critérios.

CHUVIECO (1993) apresentou um modelo de programação linear do uso da terra que pode ser integrado com SIG. Neste modelo as variáveis de decisão são estabelecidas para determinar os tipos de uso atual do solo que podem ser convertidos a outros tipos de uso na planificação. Porém, as variáveis de decisão

não possuem representação espacial e só determinam a quantidade de terra que pode ser habilitada para um determinado tipo de uso.

Esse autor assinala que o resultado pode ser mapeado com a introdução de variáveis binárias ou por meio de uma variável auxiliar que possibilite o mapeamento por fora do modelo de programação linear. Ele utilizou um processo em duas etapas para visualizar as consequências no espaço, das alterações no uso da terra. Um processo em uma etapa pode ser feito se é iniciado desde uma entidade geográfica, tal como o pixel ou célula.

HANINK e CROMLEY (1999), propuseram um modelo de alocação de uso da terra em completa ausência de valor de mercado para alocar usos em função a valores de aptidões. O modelo proposto foi:

$$\begin{aligned}
 &Max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^M S_{ij} x_{ij}; \\
 &s.t. \\
 &\sum_{j=1}^M x_{ij} \leq 1, \dots \forall i; \\
 &\sum_{i=1}^N x_{ij} \geq D_j, \dots \forall j; \\
 &x_{ij} = 0 \dots ou \dots 1, \forall i..e..j
 \end{aligned}$$

Onde N representa número de pixel ou superfície do território, M é o número de atividades possíveis de se implementar, x_{ij} é a variável de decisão que aloca à i -ésima parcela a j -ésima atividade e S_{ij} é um *score* ponderado composto que determina a aptidão do solo para as atividades possíveis.

Os autores mencionam que o problema pode ser resolvido com o algoritmo *simplex*, porém, requer muito espaço de armazenamento e tempo de processamento quando o número de unidades de terra ou pixel são de uns centos. Eles mencionam também que há outras formas de resolver o problema e partem para processos heurísticos que tornam mais leves computacionalmente a resolução.

Mais recentemente AERTS et al (2002), utilizou técnicas de otimização espacial para resolver problemas de alocação de uso da terra. Ele trabalhou com quatro modelos diferentes de programação matemática dos quais três correspondem à programação linear inteira. Estes foram formulados sobre um ambiente SIG baseado na estrutura de dados em formato raster, buscando minimizar custos de desenvolvimento e maximizar a compatibilidade dos usos alocados. Por meio da compatibilidade pretende-se que os usos sejam alocados em poucos blocos e sem muita dispersão.

Van LATESTEIJN (1995) trabalhou com SIG e programação linear multiobjetivo para construir cenários de uso futuro do solo na Comunidade Europeia. Ele avaliou as aptidões do solo para diferentes tipos de culturas agrícolas utilizando informações de declividade, pedregosidade e outras variáveis biofísicas num entorno SIG. Com informações do clima e das culturas agrícolas fez prognósticos de produção e então formulou um modelo de programação linear multiobjetivo procurando minimizar os custos de produção (objetivo de livre mercado), manter o número de empregos regionais (objetivo de desenvolvimento regional) e minimizar o uso da terra utilizada para culturas agrícolas (objetivo de conservação de paisagens). Com este planejamento ele observou que a produção total aumenta, sendo necessária menor superfície para culturas agrícolas e o uso de agroquímicos também diminuiu.

CAMPBELL et al. (1992), trabalharam com Programação linear e SIG para locação de cultivos em Antiga. Ele menciona que em países pequenos como Antiga, com sérias limitações de disponibilidade de terra, a cuidadosa planificação do uso torna-se de vital importância. Eles analisaram em primeiro lugar a disponibilidade de recursos naturais para as atividades agrícolas com subsídios de SIG e para visualizar os conflitos pelo uso da terra. Esses dados fornecidos pelos SIG são combinados com outros, como disponibilidade de mão-de-obra, previsões do mercado, tecnologia e informação de custos com a finalidade de determinar o potencial do setor econômico agrícola. Para esse fim, usaram a programação linear. Logo o GIS foi usado novamente para visualizar os resultados da otimização.

Sugestões de usos do solo, aplicação de políticas e projetos de implementação, foram gerados a partir deste trabalho.

ROETTER et al. (2005) descrevem um sistema para análise e planejamento do uso da terra (*Land Use Planning and Analysis System: LUPAS*). Consiste basicamente num sistema de suporte de decisão (*Decision Support System: DSS*) para o planejamento estratégico do uso do solo. O sistema de uso do solo é caracterizado e analisado, com base de dados dos recursos biofísicos e socioeconômicos, sob objetivos de desenvolvimento; modelos de produção para as diversas culturas de ocupação do solo, com os *inputs-outputs*; aplicação de um módulo de programação linear multiobjetivo com o conjunto de variáveis meta ou objetivo, cada qual representando os objetivos específicos do planejamento e as suas restrições. Com esses elementos são conduzidas avaliações de disponibilidade de recursos, aptidão do solo e estimações da produção; construção de cenários baseado em objetivos de política; e otimização do uso do solo, cujos arranjos finais são visualizados no SIG.

Os autores trabalharam num caso de estudo na Província de Ilocos na Filipina. Eles concluíram que existem ainda várias áreas onde os modelos deveriam avançar. As alocações de uso da terra mudam conforme as mudanças nas tecnologias e as demandas da sociedade. Ou seja, deve-se considerar uma questão dinâmica e não estática. As análises espaciais das variáveis precisam também ser aprofundadas.

3 A PROVÍNCIA DE MISIONES: SITUAÇÃO ATUAL

3.1 INTRODUÇÃO

No presente capítulo descreve-se a situação da província de Misiones quanto à sua situação socioeconômica como também à sua situação ambiental. Neste último aspecto, o trabalho se centrará no que diz respeito aos recursos naturais renováveis.

Os resultados têm o intuito de fornecer as bases para estabelecer estratégias de decisão que otimizem os valores socioeconômicos mantendo os níveis de conservação dos recursos naturais renováveis ao seu máximo possível. Pretende-se conhecer quais são as culturas mais fortes da economia de Misiones, qual é a sua distribuição espacial, a renda gerada por cada atividade, os empregos gerados, e quantidade de produtos químicos utilizados. Este diagnóstico é a base para identificar as melhores alternativas de uso do solo e, portanto, identificar alternativas de decisão num processo de planejamento de uso do mesmo. BARLOWE (1972) estabelece que pesquisar ou estudar a natureza dos problemas e a base dos recursos constituem a primeira etapa num processo de planejamento do uso do solo.

Assim, o enfoque do diagnóstico procura, na primeira parte, contextualizar a evolução das variáveis econômicas mais importantes, para numa segunda, abordar as culturas agrícolas e florestais de maior interesse. Tenta-se explicar brevemente cada uma delas junto com a cadeia produtiva e seus coeficientes técnicos de produção, com a finalidade de estabelecer o impacto de cada cultura nos indicadores socioeconômicos da província.

Certamente existe uma ferramenta mais adequada para esse fim, que é a matriz ou tabela de insumo-produto (CLEMENTE e HIGACHI, 2000; KLEMPERER, 1996), a qual fornece os multiplicadores de impacto para conhecer quanto um setor influencia ao restante da economia quando sofre aumentos na demanda de seus produtos. Porém este tipo de ferramenta é construído sobre a base das contas nacionais ou contas regionais, que são baseadas em grandes volumes de informação.

CLEMENTE e HIGACHI (2000) conceituam o espaço econômico como aquele que se produz quando os seres humanos agem sobre o espaço geográfico na busca de sobrevivência e conforto. Os mesmos autores citam três diferentes conceitos dos espaços econômicos.

As unidades de análise para o diagnóstico e modelagem são as microrregiões, definidas como o espaço mínimo no qual é possível executar atividades de naturezas diversas, tais como a proteção dos recursos naturais estratégicos (solo, água e a biodiversidade presente na floresta e em outros ecossistemas) e desenvolvimento de programas orientados a potenciar as capacidades produtivas da comunidade, combater à pobreza, entre outros (PLAZA e SEPULVEDA, 1996).

A microrregião caracteriza-se por apresentar certo grau de homogeneidade desde o ponto de vista do seu potencial como de suas limitações tanto ecológicas e produtivas quanto sociais e institucionais.

A unidade de análise torna-se então em uma unidade de diagnóstico e planificação para o desenvolvimento rural sustentável.

Conforme o estabelecem PLAZA e SEPULVEDA (1996), desde um ponto de vista operativo, a definição das microrregiões deve ser vista de maneira pragmática e flexível. Em alguns casos a microrregião pode corresponder ao espaço físico de uma micro bacia hidrográfica, em outros, esta unidade poderá estabelecer-se como equivalente a um município ou a um grupo de municípios.

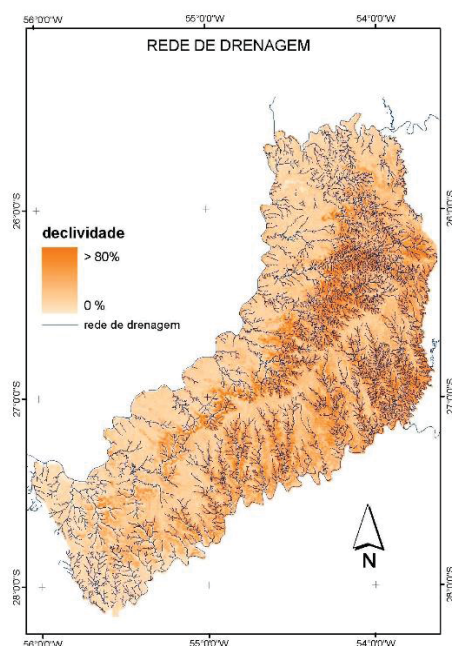
3.2 LOCALIZAÇÃO E CARATERIZAÇÃO FÍSICA

A província de Misiones localiza-se no extremo nordeste da República Argentina, como se pode observar na figura 3.01. Possui uma superfície de 29.457 km² e uma população de 965.522 habitantes, segundo o Censo Nacional 2001, com 30% de população rural e 70% de população urbana (INDEC, 2002).

Rio Paraná ao oeste. O divisor de água destas bacias atinge alturas de 500 a 600 msnm, e por baixo desses valores os arroios afluentes que fazem a drenagem das águas para os dois grandes rios.

A figura 3.03 fornece uma visão geral da rede de drenagem, onde se observa a grande quantidade de arroios interiores.

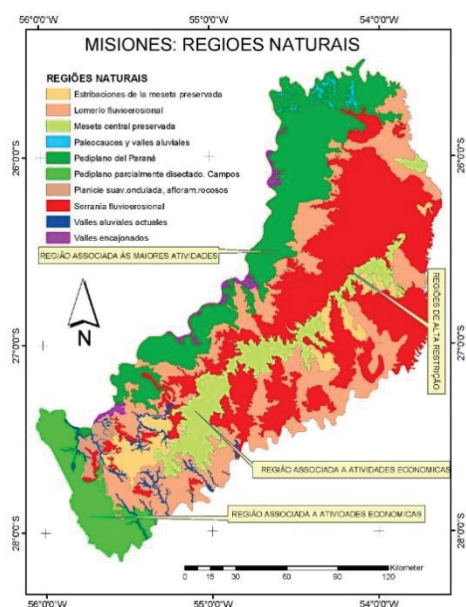
FIGURA 3.03 - REDE DE DRENAGEM.



FONTE: O autor (2006)

LIGIER, MATTEIO e POLO (1989), construíram o mapa das regiões naturais da província de Misiones (Figura 3.04). Os autores descrevem 10 regiões naturais. Destas, as regiões mais aptas para a atividade econômica são o “*pediplano do paraná*”, a “*meseta central preservada*” e o “*pediplano parcialmente disectado*” (*campos*), que em conjunto perfazem uma superfície de 923.000 ha. Com maiores restrições pode ser utilizado também o “*serrania fluvioerosional*”, que está mais exposto   erosão hídrica. No entanto, a região com maior restrição para a atividade é a “*serrania fluvioerosional*” com fortes declividades. Esta última região está em sua maior parte coberta com florestas nativas.

FIGURA 3.04 - MAPA DE REGIÕES NATURAIS DE MISIONES



FONTE: Adaptado de LIGIER, MATTEIO e POLO (1989)

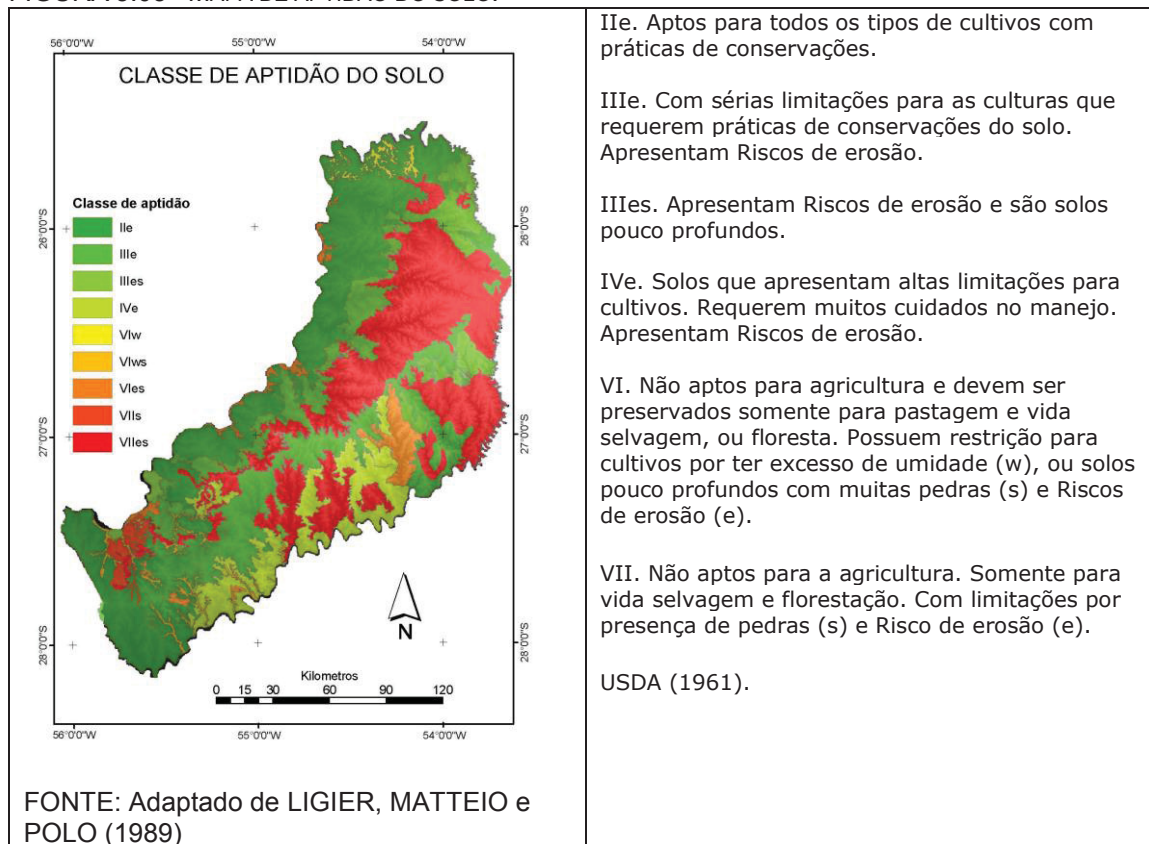
LIGIER, MATTEIO e POLO (1989) descrevem os diferentes tipos de aptidões seguindo a classificação do Sistema Americano (Figura 3.05).

Os melhores solos presentes na província de Misiones são os do tipo II, que permitem uma grande variedade de cultivos. Esta classe de aptidão ocupa 880.658 há do território de Misiones.

A classe III também são bons solos que permitem variedade de aplicação de cultivos. Esta classe ocupa 537.000 ha.

As duas classes, II e III, perfazem um total de 1.417.658 ha aptas para culturas agrícolas ou de florestas plantadas, perto do 50% da superfície da Província.

FIGURA 3.05 - MAPA DE APTIDÃO DO SOLO.



3.3 ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS

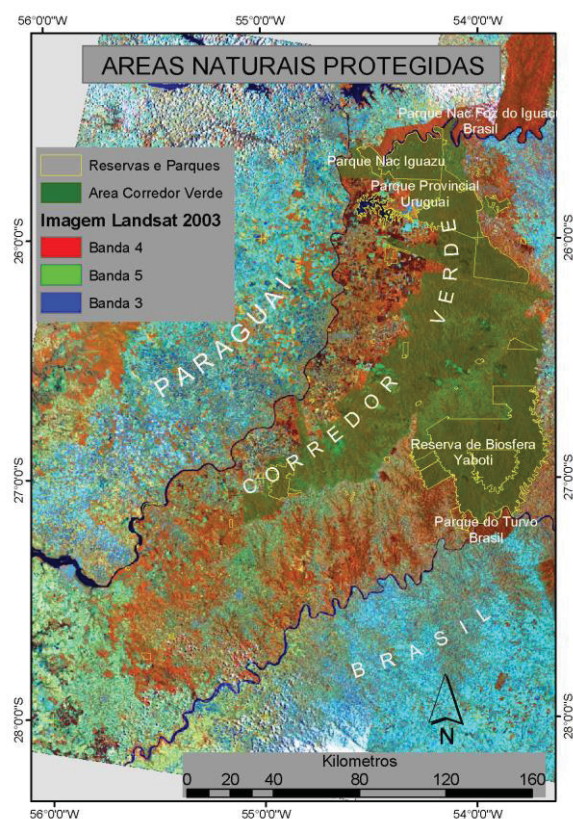
A política de conservação dos recursos naturais de Província de Misiones está baseada na criação de áreas naturais protegidas, tais como parques e reservas. Possui uma matriz de conservação composta por um parque nacional, vários parques provinciais, reservas de biosfera e uma reserva de usos múltiplos. Totalizam 23 áreas protegidas que somam 500.000 ha, com cobertura de floresta nativa em distintos graus de conservação.

Todas as áreas naturais protegidas estão dentro de uma região especial chamada de corredor verde que liga os parques brasileiros de Foz do Iguaçu com o parque estadual do Turvo, como pode ser observada na figura 3.06.

A província de Misiones possui também um conjunto de normas jurídicas compostas de leis, decretos e resoluções que regulamentam as práticas de manejo das florestas nativas e das terras dedicadas à conservação.

O mais saliente destas normas jurídicas, é o estabelecimento das áreas de conservação e de proteção do solo. Estas últimas basicamente seguem o critério de declividades. Quando estas são superiores ao 20% medido na direção de máxima declividade são declaradas como florestas de proteção.

FIGURA 3.06 - ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS



FONTE: O autor (2006).

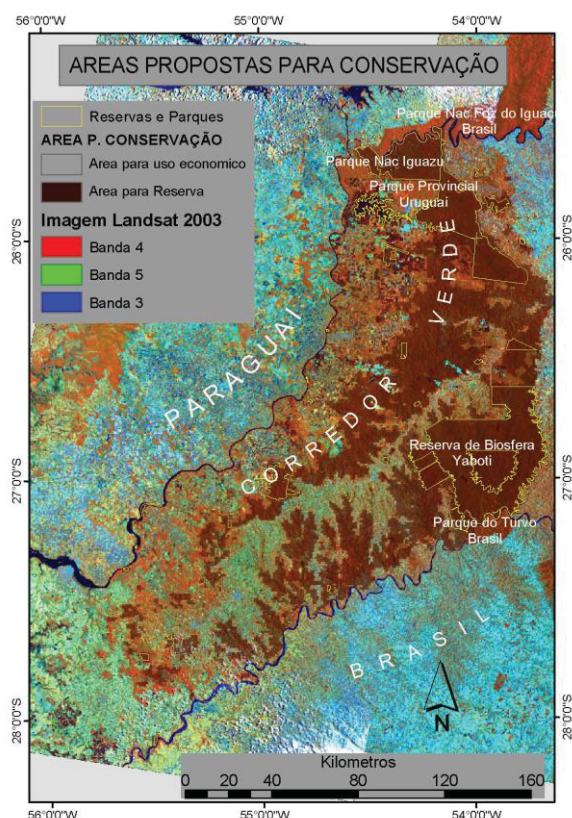
No presente trabalho consideram-se áreas de conservação, as áreas resultantes da união entre as atuais áreas de conservação e as áreas de florestas protetoras dos solos.

O resultado pode ser observado na figura 3.07. Se comparado este mapa com o mapa de conservação atual podemos ver diferenças em quanto à locação das áreas de proteção.

O mapa de áreas de proteção proposta incorpora regiões caracterizadas no mapa de aptidão do solo como de baixa aptidão para uso econômico. Em tanto, deixa liberado ao uso, outras áreas que atualmente não podem ser utilizadas.

Provavelmente, esta forma de determinar áreas de conservação seja mais lógica, pois se observarmos o mapa da figura 3.07 podemos perceber que uma parte importante das áreas propostas para conservação possuem florestas, devido à impossibilidade natural de utilizar-se para fins econômicos. Assim então, uma área com floresta nativa teria múltiplos objetivos, como de conservação de diversidade e também de proteção de solos e bacias.

FIGURA 3.07 - ÁREAS PROPOSTAS PARA CONSERVAÇÃO



FONTE: O autor (2006)

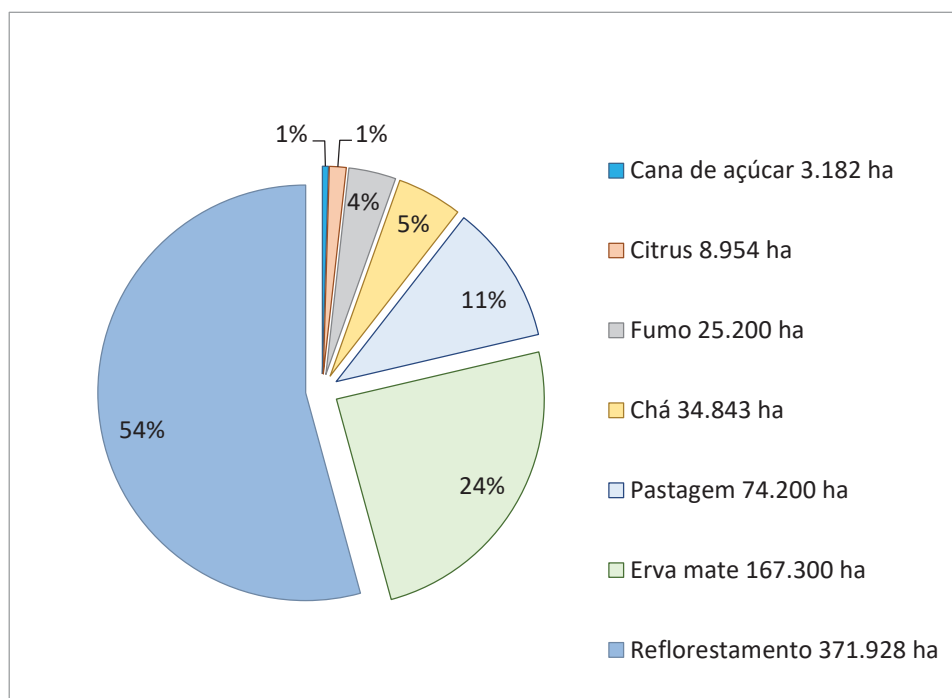
3.4 ATIVIDADES PRODUTIVAS DE MISIONES

O Produto Bruto Geográfico da Província de Misiones, medido ao ano 2004, era apenas de 1,3% do Produto Bruto Interno da Argentina, segundo o Ministério da Economia da Argentina (Dirección Nacional de Programación de Política Económica, 2004).

As atividades produtivas predominantes são os cultivos agroindustriais. Os mais destacados são os cultivos da erva mate, reflorestamento com espécies de

rápido crescimento, cultivo de chá, cultivo de tabaco e cultivo de cítricos e cana de açúcar em menor proporção.

FIGURA 3.08 - PARTICIPAÇÃO DAS ATIVIDADES PRODUTIVAS EM SUPERFÍCIE (HA) E PORCENTAGEM.



FONTE: INDEC, CNA 2002.

A superfície total cultivada da Província segundo o Censo Nacional Agropecuário do ano 2002 alcançava 685.600 ha. Deve ser adicionado a esse valor uma superfície mínima de cultivos anuais de subsistência tais como mandioca, milho e feijão, cujo impacto na economia é menor.

Pode se observar na figura 3.08 que a atividade mais importante em quanto a utilização do território é o reforestamento seguido por erva mate, pastagens e chá. A atividade florestal, erva mate, chá e tabaco possuem indústrias associadas que permitem adicionar valor ao produto primário. A cria de gado orienta-se ao consumo interno provincial, sendo uma atividade praticada a pequena escala. A cana de açúcar está limitada a uma bacia associada a uma indústria açucareira e sem possibilidade de expansão, por enquanto. A atividade de cultivo de cítricos é antiga na província, havendo passado já por um período de bonança e outro em baixa. Pode se afirmar que a atividade está melhorando lentamente.

FREAZA (2002) destaca que as atividades agrícolas existentes na província de Misiones apresentam as seguintes características:

1. Oferta fragmentada e demanda concentrada, característico de mercados oligopsônicos, ou no melhor dos casos, de competência imperfeita. Esta característica coloca ao produtor primário em inferioridade de condições na negociação pelos preços.
2. Em geral trata-se de culturas perene, que precisam de uma alta inversão inicial em mão-de-obra e capital, que apresentam um lento período de maturação. Por exemplo no caso de erva mate e chá, o período de colheita começa desde o quarto ano. No caso dos reflorestamentos, o período de retorno é ainda maior.
3. Os mercados alvos dos produtos elaborados a partir destas matérias-primas são externos, com exceção da erva mate, que é destinado maiormente para consumo interno no país .
4. Uma porção relevante dos produtos cultivam-se somente na província de Misiones e norte da província vizinha de Corrientes.

Todas estas características fazem com que a produção provincial seja altamente dependente das políticas macroeconômicas e cambiais do país, requerendo muitas vezes especial atenção a respeito das políticas cambiais e fiscais.

Atualmente existem duas instituições encarregadas de regular as atividades de erva mate e chá. O *Instituto Nacional de la Yerba Mate* (INYM), foi criado pela lei nacional 25564 de 21 de fevereiro do ano 2002, com o propósito de melhorar a competitividade do setor produtor primário e industrial. Trata-se de uma instituição pública não-governamental com jurisdição nacional e participação de todos os setores envolvidos na produção da erva mate. Os objetivos deste Instituto são promover, fomentar e fortalecer o desenvolvimento da produção, elaboração, industrialização, comercialização e consumo da erva mate procurando a sustentabilidade dos diferentes setores envolvidos na atividade. Assim, este

organismo é o encarregado de regular os distintos aspectos relativos à produção, custos e preços do produto (INYM, 2006).

O outro órgão regulador é para a atividade de chá e chama-se de *Comisión Provincial del Té (COPROTE)*. Integra-se pelos setores componentes da cadeia produtiva do chá. Basicamente é uma mesa de concertação de preços e produção entre os interessados diretos, o governo provincial e as instituições de pesquisa vinculadas com a cadeia produtiva do chá (PARRA, 2004).

A promoção da atividade produtiva do tabaco, portanto, é regulada e fomentada pelo *Fondo Especial del Tabaco* (FET), financiado pelos impostos internos aos cigarros. O objetivo do FET é melhorar os preços aos produtores primários. Esta regulamentação foi estabelecida pela Lei Nacional do Tabaco número 19.800.

As atividades de criação de gado e florestal portanto não estão reguladas, sendo atividades governadas pelas leis de mercado.

Na tabela quadro 3.01 é fornecida a estrutura fundiária de Misiones. Pode-se observar que a província é totalmente mini fundista, já que das 27.072 explorações agropecuárias, 92% correspondem a fazendas com menos de 50 ha. Também é importante a concentração da terra em superfícies maiores a 5.000 ha, onde 30% da terra é em mãos de apenas 36 produtores.

O tamanho das propriedades define em grande parte o perfil produtivo provincial e o uso do território, já que as menores são dedicadas a cultivos de rápido retorno, no entanto as propriedades de tamanho médio ou grandes dedicam-se a cultivos de maior investimento e tecnologia.

TABELA 3.01 - ESTRUTURA FUNDIARIA DA PROVÍNCIA DE MISIONES – ARGENTINA

Superficie (ha)	Numero de propriedade	%	% acumulado	Superficie (ha)	%	acumulado
Até 5	1,159	4.28	4.28	4,257.2	0.21	0.21
5,1 a 10	2,297	8.48	12.77	19,180.7	0.93	1.13
10,1 a 25	11,289	41.70	54.47	216,943.4	10.49	11.62
25,1 a 50	7,115	26.28	80.75	262,437.8	12.69	24.32
50,1 a 100	3,273	12.09	92.84	228,966.4	11.07	35.39
100,1 a 200	1,102	4.07	96.91	153,353.1	7.42	42.81
200,1 a 500	527	1.95	98.85	159,430.8	7.71	50.52
500,1 a 1000	149	0.55	99.41	106,308.8	5.14	55.66
1000,1 a 2500	99	0.37	99.77	150,813.2	7.29	62.95
2500,1 a 5000	26	0.10	99.87	94,805.3	4.58	67.54
5000,1 a 7500	9	0.03	99.90	58,649.1	2.84	70.37
7500,1 a 10000	8	0.03	99.93	68,710.1	3.32	73.69
10000,1 a 20000	11	0.04	99.97	153,350.8	7.42	81.11
mais de 20000	8	0.03	100.00	390,598.1	18.89	100.00
TOTAL	27,072			2,067,804.8		

FONTE: INDEC (2002)

Temos assim, que a atividade de produção de tabaco, a qual é alta demandante de mão-de-obra não qualificada, é realizada em propriedades pequenas, sendo efetuada geralmente com mão-de-obra familiar.

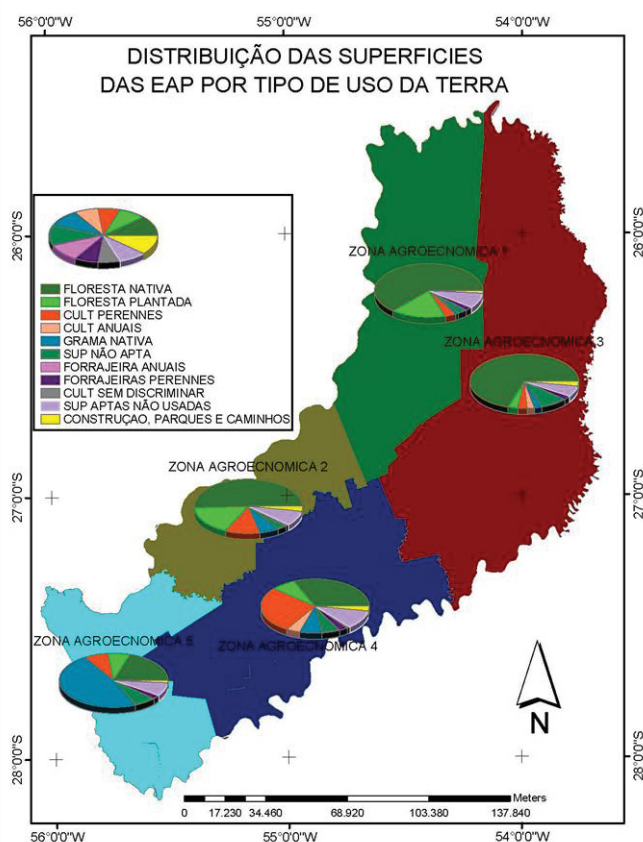
O cultivo de erva mate, por outro lado, abrange todo os tipos de perfis produtivos, sendo frequente encontrá-las tanto em propriedades pequenas como em grandes.

A produção de chá, é mais frequente em propriedades de escala pequena e média, sendo sua produção também muito reduzida.

No outro extremo, temos que a atividade florestal com espécies de rápido crescimento está associada a propriedades de grandes extensões, gerando certa concentração. Esta situação se aprofundou nos últimos anos devido à políticas macroeconômicas do país.

GUNTHER, CORREA e LYSIAK (1999), determinaram zonas agro econômicas homogêneas na província de Misiones, como também os sistemas de produções zonais predominantes em cada uma delas. Para isso, utilizaram a técnica de estatística multivariada de cluster analysis, com a qual agruparam zonas utilizando variáveis de posse da terra, grau de mecanização, tipo de mão-de-obra utilizada, acessibilidade à fazenda, renda bruta dos fazendeiros, superfície das fazendas, superfície dedicada a cada atividade e produtividade de cada atividade. A distribuição das zonas pode ser vista na figura 3.09 com a proporção de cultivos em cada zona.

FIGURA 3.09 - ZONAS AGRO ECONÔMICAS HOMOGÊNEAS DA PROVÍNCIA DE MISIONES.



FONTE: Adaptado de GUNTHER, CORREA e LYIAK (1999)

Os autores salientam que os perfis produtivos das cinco zonas, desde o enfoque agrícola, é a seguinte: zona 1: Erva e cria de gado, zona 2: erva mate, zona 3: tabaco e chá e sistema diversificado e granja, zona 4: erva mate, chá e produção de tabaco, zona 5: erva mate e cria de gado. Cabe esclarecer que este enfoque é notadamente agrícola, dado que a atividade de florestas plantadas é predominante nas zonas 1 e 2, e com forte presença nas demais zonas.

3.5 PRODUTO BRUTO GEOGRÁFICO DA PROVÍNCIA DE MISIONES

Analisando as cifras obtidas do Instituto Provincial de Estadísticas y Censos da Província de Misiones (IPEC, 2006) observa-se que a economia cresceu a preços correntes de 2,7 bilhões de pesos no ano 1994, até 4,9 bilhões no ano 2004. Isto pode-se conferir na tabela 3.02.

TABELA 3.02 - EVOLUÇÃO POR SETORES DA ECONOMÍA DE PROVÍNCIA DE MISIONES (A PREÇOS CORRENTES, EM MILES DE PESOS).

SETOR/ANOS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
PRIMÁRIO	367,843	380,892	390,499	380,580	362,195	324,224	301,966	323,005	383,790	434,137	488,599
SECUNDÁRIO	1,058,643	1,245,802	1,386,107	1,612,285	1,677,315	1,511,264	1,228,908	1,342,574	1,876,950	2,257,059	2,668,055
TERCIÁRIO	1,302,985	1,374,211	1,431,609	1,500,708	1,581,458	1,605,370	1,607,165	1,579,366	1,567,910	1,671,632	1,797,691
TOTAL	2,729,471	3,000,905	3,208,215	3,493,573	3,620,968	3,440,858	3,138,039	3,244,945	3,828,650	4,362,828	4,954,345

FONTE: IPEC Misiones.

Os sub-setores envolvidos em cada setor são:

1. Setor primário: compreende atividades silviculturais, dentre as que se podem enumerar a extração de madeira de florestas nativas, plantação de espécies florestais nativas ou exóticas; atividades agrícolas, dentre as que podemos mencionar como as mais importantes o cultivo de erva mate, cultivo de chá e cultivo de tabaco e, em muito menor importância a cria de gado vacuno. Também se engloba neste setor a exploração de minas e canteiras, cuja atividade é mínima.

2. Setor secundário: dentro deste setor estão compreendidas as indústrias manufatureira ligadas ao setor agrícola e florestal dentre as que podemos citar: indústrias de celulose, serrarias, compensados, painéis de partículas; indústrias ligadas a agricultura tais como plantas de secagem de erva mate e chá, moinhos de erva mate. Neste setor também esta englobada a construção, geração elétrica e água.

3.Setor terciário: está constituído pelas atividades comerciais atacado e varejo, transportes, estabelecimentos financeiros, e serviços da administração pública municipal, provincial e nacional.

Como se observa na tabela 3.03, dentro do setor primário a atividade mais importante ao ano 1994 era a agricultura. Esta última atividade, teve um leve aumento de 5 para 8 pontos percentuais. Já no ano 2004, a silvicultura passou para 38 pontos percentuais no ano 2004. Assim então, temos que a maior parte do produto bruto geográfico do setor primário esta alavancado pela atividade agrícola e silvicultural.

TABELA 3.03 - EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS DIFERENTES SUBSETORES DENTRO DO SETOR PRIMARIO (PERCENTAGEM).

ACTIVIDAD/AÑOS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Agricultura	58	56	53	49	44	48	53	52	48	47	48
Pecuaria e Granja	5	5	5	5	6	6	6	6	6	8	8
Silvicultura	26	27	29	35	40	39	32	32	40	38	38
Pesca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Serviços Agrícolas	11	12.2	13.4	11.1	10.3	6.94	8.94	9.03	6.9	6.44	6.12
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: IPEC, 2006.

Já no setor secundário, o IPEC (2006) informa que no ano 2004 as indústrias de celulose e papel são as que têm a maior participação com quase 42% do setor, seguido pelas indústrias das serrarias com 18%. Ao passo que as indústrias de erva mate diminuíram a participação com 9,56% e as indústrias de chá com 2,2%. Fica claro então a importância da atividade de florestas plantadas em sua cadeia produtiva e da erva mate na economia da Província.

3.6 DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS CULTURAS.

3.6.1 FLORESTAS PLANTADAS

A cobertura florestal Argentina é de uns 32 milhões de ha, das quais um milhão correspondem a florestas plantadas.

O atraso florestal da Argentina é considerável, tendo em conta suas potencialidades para a atividade florestais. Algumas estimações indicam que existem no país perto de 20 milhões de ha de área com aptidão florestal, das quais 5 milhões não concorrem com nenhum outro tipo de cultura. As regiões com maiores aptidões florestais alocam-se na região “*pampeana*”, na “*mesopotamia*” e na “*patagônia*”. (Dirección Nacional de Programación Económica Regional, 2004).

Na província de Misiones existe um conjunto de condições que fazem um ambiente propício para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva florestal. Entre essas condições se destacam: altas taxas de crescimento, marco legal e institucional favorável para as inversões florestais, competitividade dos serviços silviculturais, disponibilidade de terra e mão-de-obra especializada. A tudo isso se adiciona o regime de incentivos para inversão florestal do governo nacional sob a lei de promoção florestal 25.080.

Na província de Misiones encontram-se todos os subsetores do setor florestal, desde os aspectos operativo da implantação de florestas e seu manejo e colheita, até os subsetores industriais de transformação química e mecânica da madeira para transformação em produtos elaborados.

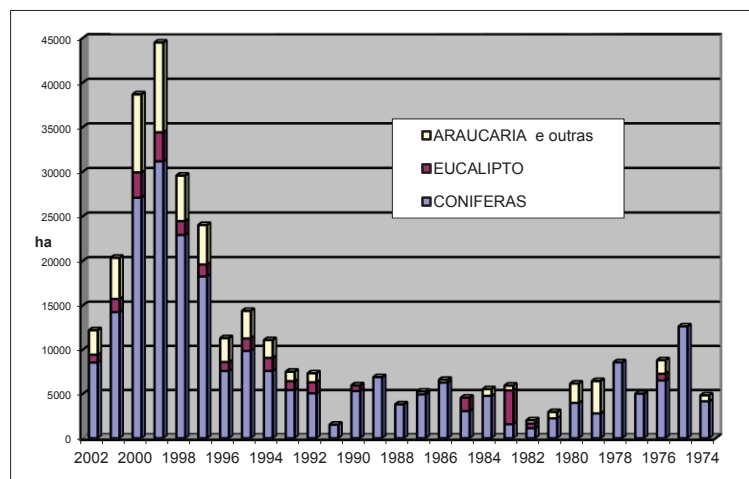
Segundo o INDEC (2004) a Província possui 371.928 ha de florestas plantadas, em torno de 1/3 das florestas plantadas da Argentina. Estima-se que os plantios florestais poderiam crescer até 800.000 ha, o qual marca seu teto físico em superfície.

As espécies plantadas são de rápido crescimento tais como coníferas, dentre as que podemos citar os pinos maioritariamente e, em menor medida, plantios de eucaliptos de várias essências. A espécie *Araucaria angustifolia*, *Melia azedarach*, *Pawlonia sp.*, *Toona ciliata*, *Grevillea robusta* também são em menor quantidade.

BRAIER (2003) baseado em dados do Inventario Florestal Nacional do ano 2000 e em dados provenientes da SAGPyA (Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Pesca y Alimentación) estabeleceu o ritmo de implantação de florestas, o qual é apresentado na figura 3.10. Observa-se que as maiores taxas de plantação ocorreram nos últimos anos, mas a crises econômica que envolveu o país no ano

2001 gerou uma queda na taxa. Na atualidade, a taxa novamente aumenta, embora não existam dados certos ainda.

FIGURA 3.10 - EVOLUÇÃO DA TAXA DE PLANTAÇÃO COM ESPÉCIES DE RÁPIDO CRESCIMENTO NA PROVÍNCIA DE MISIONES.



FONTE: BRAIER (2003) .

Com o objetivo de determinar a superfície de florestas plantadas na província de Misiones, vários inventários foram conduzidos. O primeiro foi o *inventário nacional de bosques implantados*, SAGPyA (1998 d). Este inventário determinou a existência de 254.285 ha de florestas plantadas, 95% de esta superfície com espécies coníferas.

GAUTO (2001) executou um inventário dos plantios florestais abrangendo espécies do gênero Pinus, Eucaliptus e Araucária até o ano 2000. O inventário foi desenvolvido em duas etapas: a primeira implicou a identificação de cada um dos plantios com superfícies iguais ou maiores a um ha; e a segunda etapa foi a amostragem sistemática de um número de plantios para determinar os estimadores dendrométricos e idade dos plantios. A informação obtida foi colocada num SIG que permite flexibilidade para posteriores análises com base no território. Os resultados estão na tabela 3.04.

TABELA 3.04 - SUPERFÍCIE DOS PLANTIOS FLORESTAIS NA PROVÍNCIA DE MISIONES AO ANO 2000.

Grupos	classes de idades					Totais
	1 a 4 anos	5 a 9 anos	10 a 13 anos	14 a 17 anos	18 e maiores	
Coníferas	95055	17400	22142	51263	77808	263668
Eucaliptos	4764	1724	1386	2274	3748	13896
Totais	99819	19124	23528	53537	81556	277564

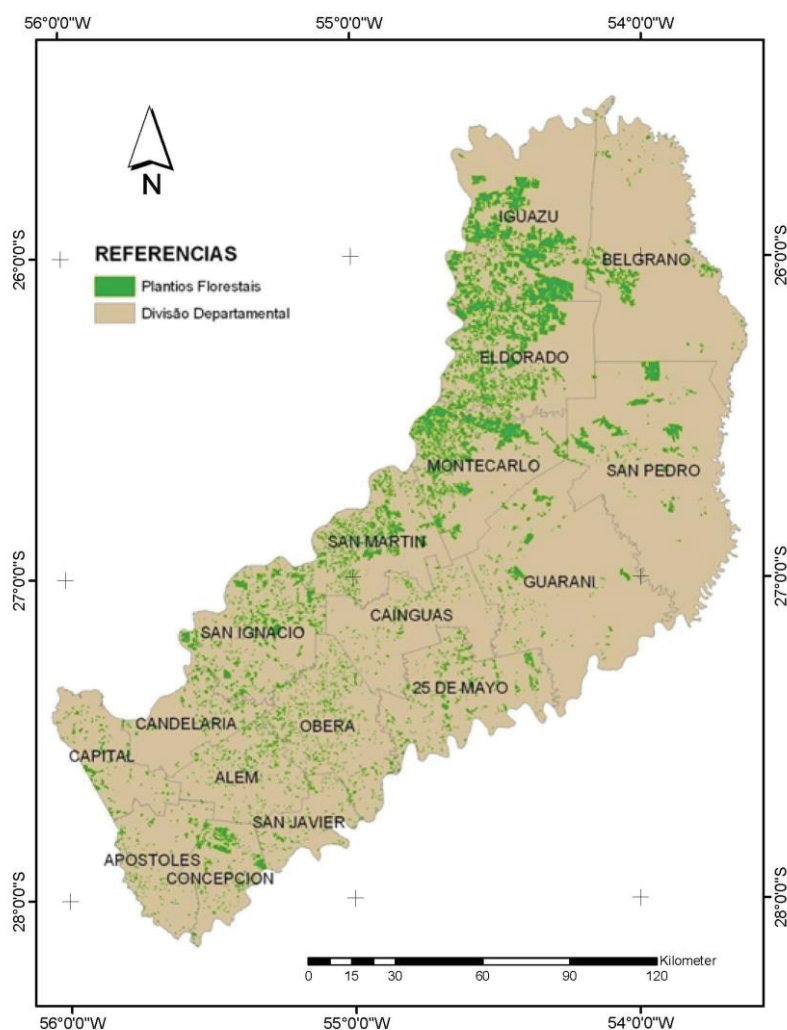
FONTE: GAUTO (2001)

Por outra parte, o Instituto de Estadísticas y Censos da Argentina executou no ano 2002 o Censo Nacional Agropecuario (CNA) O que com um total de 371.928 ha.

Devido as diferenças em valores dos inventários, os quais foram feitos por diferentes instituições e com diferentes metodologias que não podem ser comparadas e, sendo que o Censo Nacional Agropecuário foi exaustivo, seus resultados foram adotados no presente trabalho.

Na figura 3.11 pode-se observar a distribuição das florestas na província de Misiones. Pode-se observar a existência de dois padrões principais de plantação: a primeira, alocada na zona norte, constituída prioritariamente por florestas de tamanho médio e grande e, a segunda, alocada na zona centro e sul, onde os plantios são mais frequentes e menores. Os primeiros são plantios que geralmente estão associadas a alguma indústria de transformação da madeira, e os segundos são plantios de pequenos produtores, não associados a indústrias.

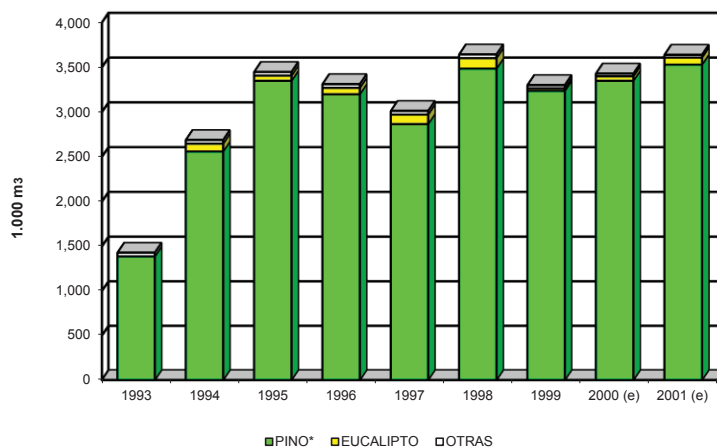
FIGURA 3.11 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PLANTIOS FLORESTAIS NA PROVÍNCIA DE MISIONES.



FONTE: GAUTO (2001)

SCTP (2002) estimou que nos anos 80 e 90 ocorreu um forte incremento na produção de toras na Província de Misiones. No ano 1992 a produção atingia apenas 1,4 milhões de m³ passando para 3,6 milhões de m³ em 2001. A evolução na produção de madeiras em toras pode-se observar na figura 3.12.

FIGURA 3.12 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE TORAS DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES NA PROVÍNCIA DE MISIONES.



FONTE:STCP (2002)

GAUTO (2004), baseando-se em uma análise de cortes rasos de espécies coníferas e eucalipto utilizando imagens do satélite LANDSAT 7 TM+, determinou as superfícies de cortes rasos desde o ano 2000 até o ano 2004. Com base nesses resultados e resultados do Inventario Provincial de Bosques Implantados 2001 (GAUTO, 2001) estimou a produção de madeiras em toras para o ano 2004 em 5 milhões de m³. Pelo fato de que a atividade industrial ligada a florestas plantadas continuou um ritmo crescente nos últimos anos, poderia esperar-se que a produção de toras seria entre 6 e 7 milhões de m³ por ano.

SCTP (2002) baseado na existência de 318.000 ha de florestas plantadas na província de Misiones e sob hipóteses de floresta em regime de rendimento sustentado a produção possível é de 8,413 milhões de m³ por ano.

3.6.2 ERVA MATE

A erva mate é um produto que provém do aproveitamento da folha da árvore *Ilex paraguariensis*, a qual é uma espécie originária das florestas naturais existentes na província de Misiones. Trata-se de um produto que já era conhecido em épocas da colonização pelos Jesuítas. Já naquele momento era cultivada com o objetivo de manter perto das Missões Jesuíticas os plantios para colheita. Seu consumo foi crescendo rapidamente por toda a bacia do Plata. Passou a ser cultivada em plantios homogêneos na província de Misiones e a transformar-se

num cultivo agroindustrial desde 1910. Expandiu-se fortemente seu cultivo até atingir 66.000 ha no ano 1935. Seus regimes de manejo, colheita e processamento foram evoluindo até transformar-se em uma base muito importante da economia de Misiones e do Nordeste Argentino.

A província de Misiones é a principal produtora de erva mate da Argentina com 90% da produção total. Os plantios de erva mate estão espalhados por todo o território provincial.

Segundo a Dirección Nacional de Programación Económica Regional (2004), a atividade apresentou um comportamento fortemente expansivo na década dos anos noventa, duplicando-se a produção desde 1990 até o ano 2003, atingindo-se a quantidade de 270.000 t de erva mate seca. Estima-se que esta produção foi atingida em razão da desregulamentação da produção primária.

Em março do ano 2002 foi criado o *Instituto Nacional de la Yerba Mate* (INYM) com o objetivo, dentre outros, de apoio e estímulo à cadeia produtiva da erva mate, fomentar a competitividade e estabelecer semestralmente os preços da matéria-prima, tentando estabelecer um equilíbrio entre oferta e demanda e melhorar a rentabilidade do produtor, quem foi o mais prejudicado pela queda de preços em toda a cadeia Produtiva. De livre mercado vira novamente para mercado regulado.

CARACTERÍSTICAS DO CULTIVO

O cultivo de erva mate, ao longo do tempo teve variação em quanto a densidades de plantação, tendo atualmente uma grande variabilidade, entre 700 plantas por ha até 2500 plantas por ha. GUNTHER e CORREA (1999), estabelecem que as densidades de cada classe são:

1. De baixa densidade: possuem densidades menores a 1.000 plantas por ha,
2. De media densidade quando é plantada entre 1.000 e 1.800 plantas por ha, e

3. de alta densidade, quando a distância de plantação é maior a 1.800 plantas por ha.

Segundo o Relevamiento Yerbatero (Ministerio del Agro y la Producción, 2002), a produtividade média é de 7.100 Kg/ha ano para a densidade alta, 4.930 kg./ha ano para densidade media e, 3.533 kg/ha ano para densidade baixa.

No ano 2002 foi conduzido pelo *Ministério del Agro y la Producción da Provincia de Misiones* o primeiro relevamento de plantios de erva mate sobre a base de imagens do satélite Landsat 7 TM+ e, amostragem de campo. Conforme esse relevamento, a província de Misiones possuía ao ano 2002 uma superfície cultivada com erva mate de 173.354 ha.

Na tabela 3.05 apresentam-se os valores de superfície por departamentos. Na figura 3.13, é fornecido a distribuição espacial dos plantios.

Como pode-se observar existe uma dispersão por toda a província dos plantios de erva mate. As maiores concentrações em tanto estão alocadas nos departamentos de Oberá, San Ignacio e Apóstoles. Pode-se observar também que os plantios de alta densidade, que coincidem com as plantações mais jovens, constituem 48% da superfície total, em tanto que a superfície remanescente está distribuída entre plantações de baixa (as mais antigas) e de média densidades.

TABELA 3.05 - SUPERFÍCIE E PRODUÇÃO DOS PLANTÍOS DE ERVA MATE POR DEPARTAMENTO, E CLASES DE DENSIDADES.

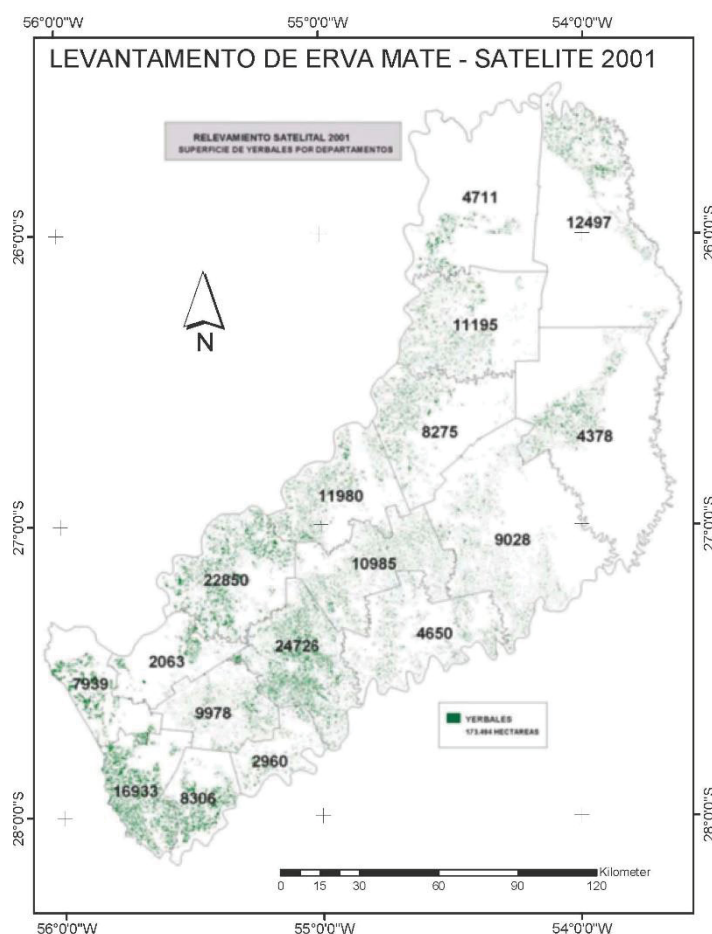
DEPARTAMENTO	SUPERFÍCIE (ha)	PRODUÇÃO (t/ano)
APOSTOLES	16933	63206
CAINGUAS	10985	56692
CANDELARIA	2063	7651
CAPITAL	7939	50477
CONCEPCION	8306	33278
ELDORADO	11195	49045
BELGRANO	12497	83906
GUARANI	9028	43241
IGUAZU	4711	20727
GRAL. SAN MARTIN	11980	56013
L.N. ALEM	9978	54607
MONTECARLO	8275	41005
OBERA	24726	147208
SAN IGNACIO	22850	130381
SAN JAVIER	2960	13631
SAN PEDRO	4378	20681
25 DE MAYO	4650	19823
TOTAL	173454	891572

FONTE: Ministerio del Agro y la Producción 2002

No ano 2001 a produção total foi de 891.572 t de folha verde. Sendo o rendimento de 33% para obter a folha de erva mate seca, a produção total de erva mate seca foi de 294.218 t.

Tal como se pode observar na figura 3.13, os plantios apresentam uma dispersão por toda a província e, em geral, são de pequenas superfícies. Este último fato é muito importante no aspecto distributivo da riqueza, pois o total da superfície plantada está distribuída entre 18094 produtores (MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCION, 2002), o que acarreta um conjunto de benefícios, como fixação dos produtores nas áreas rurais, melhor qualidade de vida para mais pessoas, entre outros. Os mesmos autores expõem que 81,66% dos produtores, que implicam em 48,74% da superfície, são menores a 10 ha. Considerando o estrato de plantações até 12 ha a quantidade de produtores implicados é quase de 85% que implica 51% da superfície plantada, em tanto que o 15% remanescente (2788 produtores) possuem 49% da superfície total.

FIGURA 3.13 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PLANTIOS DE ERVA MATE NA PROVÍNCIA DE MISIONES.



FONTE: Ministerio del Agro y la Producción 2002

A cadeia produtiva da erva mate esta composta por uma etapa de produção primária e outra de industrialização.

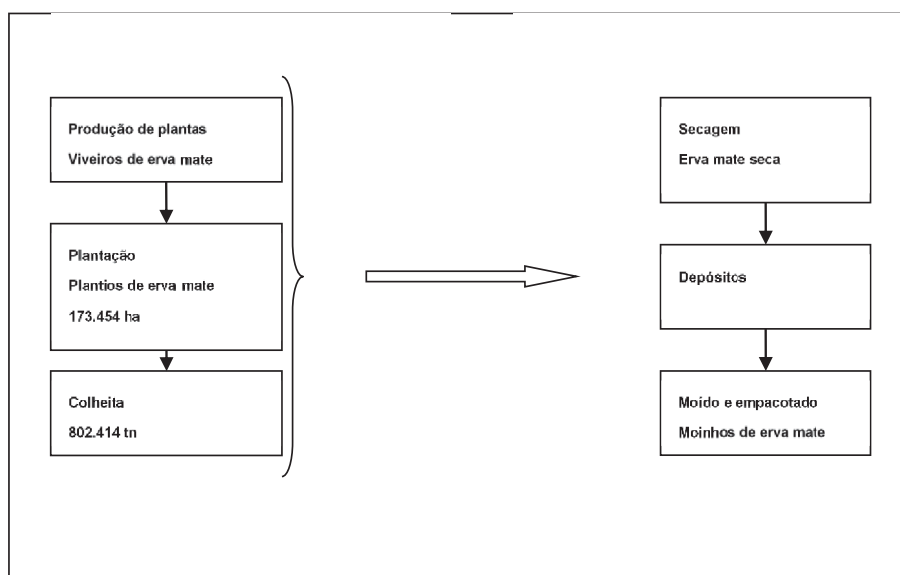
Na primeira das etapas, temos a produção de plantas para o estabelecimento de novas plantações. Ela é feita em viveiros específicos de erva mate. A quantidade de plantas é variável conforme variam também as superfícies novas a implantar. Estima-se que para manter a superfície atual de erva mate é preciso plantar 5766 ha por ano, já que a vida útil de uma plantação é de aproximadamente 30 anos. Porém a taxa de plantação anual é variável e está positivamente ligada aos preços obtidos pelo produto.

A colheita é a última etapa da produção primária. Esta utiliza uma grande quantidade de mão-de-obra, já que o processo de colheita é totalmente manual.

Segundo GUNTHER, CORREA e LYSIK (1999) estima-se um rendimento médio por operador no processo de colheita, de 450 kg por dia de trabalho, 6 meses por ano de trabalho e 17,2 dias efetivos de trabalho por mês. Sendo assim, estão envolvidos nesta etapa um número estimado em 18.400 no processo de colheita.

Na figura 3.14 se observa o circuito seguido pela produção de erva mate.

FIGURA 3.14 - CADEIA PRODUTIVA NA ELABORAÇÃO DE ERVA MATE



FONTE: GUNTHER, CORREA e LYSIK (1999)

Segundo o Censo Nacional Agropecuário (2002), existem na província de Misiones 171 indústrias de secagem de folhas de erva mate que, em conjunto, têm capacidade instalada para processar 230.374 t de erva mate seca. Segundo uma estimativa feita por MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCION (2002) esta atividade gera mais de 2000 empregos.

A última etapa da cadeia são os moinhos. A matéria-prima dos moinhos é a erva mate seca. Nesta etapa do processo produtivo, mediante sucessivos processos de classificação, trituração e misturas, obtém-se o denominado “*blend*”, o qual caracteriza o gosto dos consumidores das diferentes regiões da Argentina ou dos outros países consumidores.

Conforme cita o MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCION (2002) existem nopaís 102 moinhos de erva mate, que em total produzem aproximadamente 250.000 t de erva mate empacotada pronta para o consumo. Os 68% destes moinhos estão na zona produtora de folhas verdes de erva mate e o restante mais perto dos centros consumidores, tais como Buenos Aires, Santa Fe e outros.

O comércio da erva mate, como já foi dito, corresponde majoritariamente para consumo interno da Argentina, e apenas 16% é destinado para exportação.

3.6.3 CHÁ PRETO

De BERNARDI e PRAT KRICUN (2002) mencionam que o chá preto é cultivado em vários países do mundo, estimando-se que a superfície de plantios a nível mundial é de 2.600.000 ha. Os mesmos autores estabelecem que no ano 2001 a produção mundial foi de 3.081.163 t. Esta produção foi em aumento, sendo que a superfície cultivada manteve-se relativamente constante. Se assume que o incremento da produção deve-se ao aumento de produtividade dos plantios.

Os maiores produtores mundiais de chá preto são Índia (28,4%), China (23,4%), Sri Lanka (10,5%), Kenia (8,5%), Turquia (5,9%), Indonésia (5,8%), Japão (3,1%) e Argentina (1,6%). Alguns destes produtores tais como Turquia e Japão consomem tudo o chá preto que produzem. Os maiores consumidores de chá preto são a China (855.000 t) e a Índia (721.000 t). Dentro dos países consumidores e importadores de chá preto estão Rússia, Reino Unido, Paquistão e os Estados Unidos da América. Destaca-se que os países árabes da Ásia e África consomem em torno do 40% da produção mundial.

Na atualidade o mercado de chá está em permanente incremento devido à diferenciação do produto em vários subprodutos, tais como chá fermentado (chá preto), chá semi-fermentado (chá oolong) e chá não fermentado (chá verde), unido às características nutricionais e antioxidantes do produto.

A região do cultivo de chá na Argentina está compreendida entre os paralelos 26° e 28° de latitude sul, transformando-se na região de cultivo mais ao sul do

mundo. Argentina possui uma superfície em torno de 40.000 a 45.000 ha de chá, sendo o maior produtor com 93% da superfície plantada na província de Misiones.

A Província de Misiones possuía ao ano 2002 uma superfície plantada de 34.843 ha de chá (INDEC 2002). DE BERNARDI e PRAT KRICUN (2002) mencionam que a província de Misiones ao ano 2002 possuía 41.850 ha de plantios de chá, dos quais 75% encontram-se sob sistema de colheita, 15% está abandonado e o 10% remanescente foi eliminado por distintos motivos.

A Província possui também em torno de 100 indústrias de processamento da matéria-prima, gerando em forma direta perto de 12.000 empregos, sendo 10.000 no setor primário e 2.000 no setor industrial. Se considerarmos os grupos familiares, a atividade da sustento a perto de 60.000 pessoas (FREAZA 2002).

Na figura 3.15 pode-se observar a distribuição por departamentos dos plantios de chá. Dois departamentos concentram em torno de 67% do total dos plantios existentes na Província: O departamento de Oberá com 13.116 ha e Cainguas com 10.010 ha. No entanto, nos outros departamentos observa-se que nenhum deles possui mais do que 3.000 ha de plantios.

Enquanto à distribuição das plantações na tabela 3.06, se observa que 6.417 produtores são responsáveis pelo total da superfície plantada com chá. Destes, 89,5% correspondem a plantações de superfície menores a 5 ha e em fazendas menores que 50 ha. Este fato ressalta que trata-se de uma atividade de tipo de pequenos produtores e, como já foi dito, contribui ao sustento de muitas pessoas na província de Misiones.

TABELA 3.06 - DISTRIBUIÇÃO DE PLANTIOS DE CHÁ.

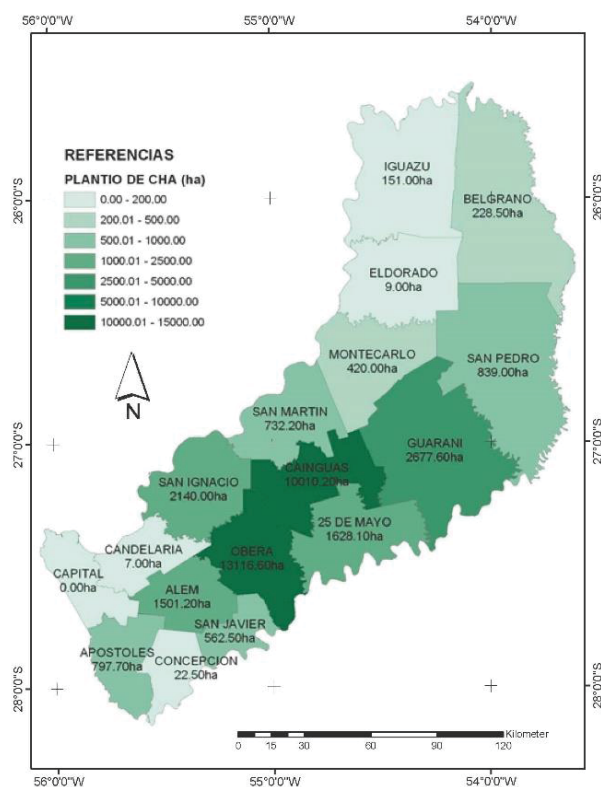
Posse da terra	Área média plantada com chá	Número de agricultores	Porcentagem
1 a 25 ha	3 ha	2952	46
26 a 50 ha	5 ha	2792	43,5
51 a 100 ha	9 ha	548	8,5
mais de 100 ha	47 ha	125	2
TOTAIS		6417	100

Fonte: DE BERNARDI e PRAT KRICUN (2002)

FREAZA (2002), menciona que os modelos de produção são: empreendimentos pequenos com escassa mecanização onde a maioria dos labores, com exceção da colheita e poda, são feitos manualmente e as superfícies dos plantios não superam os 5 ha; medianos com superfícies de plantações que não superam os 10 ha; com labores feitos mecanicamente e em geral com mão-de-obra contratada; empreendimentos grandes onde o tamanho das plantações são até de 25 ha e, os labores são totalmente mecanizados com mão-de-obra contratada.

Segundo ZANINO (1993) a produção média de chá é de 6 t/ha ano. FREAZA (2002) cita menores produtividades e em torno de 3,5 a 4,5 t/ha ano e um máximo de 4,8 t/ha ano. FERNANDEZ JORDAN (2005) menciona que a produtividade pode alcançar até 25.000 t/ha ano, sempre que se utilize uma boa variedade de chá e com densidades mínima de 10.000 planta/ha.

FIGURA 3.15 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA PLANTADA DE CHÁ.



FFONTE: Adaptado de CNA(2002)

Na figura 3.15 se observa a distribuição da área plantada por Departamento. DE BERNARDI e PRAT KRICUN (2002), seguindo critérios agroecológicos e econômicos, classificaram a zona produtora em:

1. Centro-sul, abrangendo os departamentos de Oberá, Leandro N Alem e San Javier, possui 41,5% da superfície plantada e caracteriza-se pelo alto grau de diversificação de cultivos, onde os cultivos acompanhantes mais comuns são erva mate e florestas plantadas. Apresenta o maior grau de adaptação às tecnologias de implantação, adubo, podas e frequências de colheita.
2. Zona centro norte abrange os departamentos de Cainguás, Guaraní e 25 de Maio com 29,8% da superfície plantada. Caracterizada por um posterior desenvolvimento da atividade e por possuir um maior número de plantações puras de chá.
3. Zona *Alto Paraná* abrange os departamentos de Montecarlo, Libertador General San Martin e, em menor medida Iguazú e General Manuel Belgrano. Caracteriza-se por apresentar menor intensidade de esta atividade que em conjunto fazem apenas 16,2% da superfície total. As plantações apresentam-se em sistemas diversificados com erva mate, citrus, e florestas plantadas. Nos últimos anos a atividade florestal avançou por sobre a atividade de chá que sofreu uma regressão.
4. Zona de campo abrangendo departamentos de Apóstoles e Concepción de la Sierra possui 12,5% das plantações. Também nesta zona sofreram um processo de regressão.

O cultivo do chá requer os solos denominados de vermelhos constituídos por ultisolos, alfisolos e oxisolos aptos para cultivos de espécies perenes.

Os cuidados culturais comuns aplicados aos cultivos de chá são poda leve nos meses de julho a agosto, poda forte e periódica cada 2 a 5 anos, adubos, controle de ervas daninhas, pragas e doenças. Estima-se que 90% das plantações correspondem a sistemas de baixas densidades, entre 3.000 a 5.000 indivíduos por

ha plantadas em filas distanciadas 2,5 a 3 m entre elas para poder permitir as lavouras mecânicas do solo. Segundo FERNANDEZ JORDAN et al (2005), as plantações de chá na Argentina são de grande heterogeneidade pela utilização de sementes de diferentes procedências. As principais variedades utilizadas são:

1. Variedade assâmica, de ampla aceitação, porém com ataques de geadas,
2. Variedade Japonês, utilizada na zona centro da província, de maior resistência às geadas,
3. Variedade intermédia considerada como híbrido natural das primeiras variedades.

A colheita do chá se faz mecanicamente. A partir do ano 1960 se desenvolveram vários protótipos mecânicos para colheita. Finalmente foi selecionado um sistema de corte não seletivo o que permitiu diminuição nos custos de colheita, porém com perda da qualidade do produto. A perda de qualidade é devida à impossibilidade de selecionar as folhas na colheita mecânica, colocando o chá argentino como de média e baixa qualidade. Salienta-se que Argentina é o único país que utiliza este método de colheita.

DE BERNARDI e PRAT KRICUN (2002) descrevem o processo de industrialização do chá até conseguir os diferentes produtos. Em termos gerais o processo de elaboração envolve um processo de secagem e operações mecânicas combinadas ou alternadas com reações químicas e enzimáticas. O processo fundamental dentro da elaboração é a denominado fermentação, o qual consiste num conjunto de oxidações e condensações que partindo da folha murchada inicia o processo de encaracolado. Segue um processo de secagem e finalmente a classificação.

Segundo DE BERNARDI e PRAT KRICUN (2002), ao ano 2001 a produção de chá na Argentina foi de 273.000 t gerando 60.000 t de chá seco pronto para a venda. Desta quantidade, 57.000 t foram exportadas. As 3.000 t remanescentes foram direcionadas ao consumo interno no país.

Os mesmos autores fizeram um analisis DAFO (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) da atividade produtiva do chá concluindo que há potencialidade de desenvolvimento da atividade, devido a tratar-se de uma atividade antiga na província de Misiones e em vista de que os mercados são mundiais e estão em permanente expansão. Porém, será necessário um plano estratégico para integrar todos os setores produtivos, incorporar tecnologias ao setor primário e melhorar a qualidade do produto e, portanto, o prestígio do produto ao nível internacional.

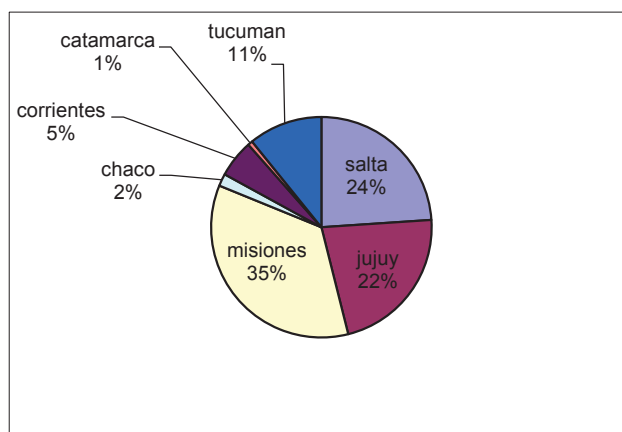
3.6.4 TABACO

Segundo CORRADINI et al (2005), na campanha 2003/2004 a área de tabaco cultivada na Argentina foi de 77.597 ha, das quais 57% são cultivadas por pequenos agricultores com plantios de tabaco que não superam as 10 ha. A produção total para esse período atingiu a cifra de 157 milhões de kg gerando um promédio de produtividade de 2056 kg/ha.

A produção Argentina de tabaco é apenas 1,8% da produção mundial SAGPyA (2004 b).

Na figura 3.16 observa-se a participação das diferentes províncias Argentinas na plantação de tabaco. Na mesma se observa que três províncias são responsáveis por 80% da superfície plantada, e a província de Misiones é a maior produtora com 34% da superfície plantada.

FIGURA 3.16 - SUPERFÍCIE DE TABACO PLANTADO POR PROVÍNCIA ARGENTINA.



FONTE: Adaptado de CORRADINI et al (2005)

Segundo SAGPyA (2004 c), trata-se de uma atividade de alta demanda de mão-de-obra . Para a campanha 2003/2004 estimou-se que foram utilizados 10,5 milhões de dias de trabalho, dos quais quase 40% provém do agricultor e sua família, e 60% e mão-de-obra contratada. Estes autores estimam ainda que a atividade na Argentina gera aproximadamente 56.398 empregos, contribuindo ao sustento de 225.592 pessoas. O setor industrial em tanto utiliza 7.477 empregos.

Segundo FREAZA (2002) a estrutura produtiva ao nordeste do país (onde está Misiones), é conformada por minifúndios, com produtores com plantações pequenas (1 a 2 ha), sendo as variedades de tabaco mais plantada o Burley que requer menor quantidade de investimento. Pelo contrário, na região noroeste predominam plantações de maiores tamanhos, sendo os produtores agricultores com maiores capacidades de investimento, predominando o tabaco Virginia.

Quanto à rentabilidade desta atividade, os autores salientam que a rentabilidade é de 9,2% até 18% sobre os investimentos.

Conforme cita FET (2004) as exportações de tabaco no ano 2003 alcançaram a cifra de 85,16 milhões de kg com um valor FOB de 162,6 milhões de dólares, a preço promedio de 1,91 U\$/kg. CORRADINI (2005) cita que ao ano 2004 esse valor cresceu para 190,9 milhões de U\$. No ano 2003, as importações alcançaram 5,3 milhões de kg a valor CIF de 18,45 milhões de U\$.

O tabaco argentino tem boa qualidade e bom prestígio em nível internacional. A Argentina exporta tabaco para mais de 45 países; entre os mais importantes estão Estados Unidos (20%), Alemanha (14%), Paraguay (13%), Belgica (11%), Brasil (5%), Uruguay (5%), entre outros (32%).

As vendas internas de cigarros representam 3.439 milhões de pesos (1.146 milhões de U\$) dos quais 65,27% correspondem a impostos e tributos.

No ano 1972 foi sancionada a Lei Nacional 19.800 que regulamenta o setor do tabaco no país. Cria o “Fundo Especial do Tabaco” que gera um orçamento para dar apoio aos produtores de tabaco melhorando os preços pagos pelo produto. 80%

é dedicado para esse fim e 20% para projetos produtivos alternativos ao tabaco (SAGPyA 2004 b).

Segundo o APTM (2000) a atividade tabaqueira representa em torno de 50% ou mais, dos pequenos produtores da província; possibilita fornecer cobertura médica a 75.000 pessoas ligadas à atividade; permite o acesso a créditos rotatórios para melhoramento da infraestrutura produtiva; possibilita diversificar a produção das chácaras.

A província de Misiones é a principal produtora de tabaco da Argentina concentrando 34% área plantada com 26.922 ha e com produção de 29.582.344 kg fazendo uma produtividade promédio de 1099 kg/ha (FET, 2005).

Os mesmos autores destacam que os tipos de tabaco cultivado na Província de Misiones e o denominado tabaco Burley em um 90% da área plantada e, tabaco criollo Misionero e Virginia nos 10% restantes.

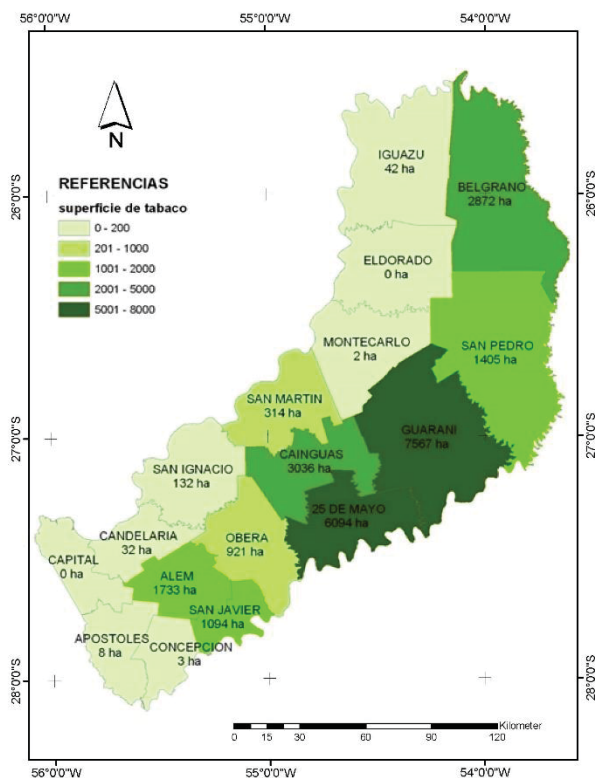
Conforme cita ZILOCHI et al (2006), em 2002 existiam na província de Misiones 11.290 produtores de tabaco alocados principalmente nos departamentos de Guaraní, 25 de Mayo, General Manuel Belgrano, Cainguás, Leandro N Alem e San Javier. A superfície média por produtor é de 2,4 ha, com a particularidade de que uma grande parte dos mesmos utilizam mão-de-obra familiar. Os mesmos autores destacam que mais de 4.000 cultivam tabaco e possuem fazendas de entre 15 e 30 ha. Em geral, as mesmas possuem diversificação produtiva sendo a atividade do tabaco um ingresso principal ou bem complementar a outras atividades agrícolas do chacareiro.

Segundo o INDEC (2002) ao ano 2002 existiam na província de Misiones 25.672 ha plantada cuja distribuição no território foi conforme mostrado na figura 3.16.

Pode-se observar na figura 3.17 que a zona produtora de tabaco corresponde à região leste da Província, sendo que na região oeste são praticamente inexistentes os plantios de tabaco. A região com produção de tabaco

é coincidente também com as zonas com fazendas pequenas e mais atomizadas, caracterizando uma região mini fundiária.

FIGURA 3.17 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA PLANTADA DE TABACO.



FONTE: Adaptado de INDEC (2002)

Temos assim que a zona de forte atividade de plantação de tabaco corresponde a quatro departamentos: Veinticinco de Mayo, Guarani, Cainguas e General Manuel Belgrano. Em tanto que os demais departamentos têm superfícies plantadas menores que 2000 ha.

A atividade ligada a plantações de tabaco cumpre na Província de Misiones uma função social importante, já que os agricultores de menos recursos estão ligados a ela porque permite obter ingressos seguros e em um curto período, permite dispor de ajuda médica e, em definitiva contribui grandemente a manter ao produtor na sua fazenda, evitando migrações às periferias das cidades. Porém, por ser atividade intensiva, com ataques de muitas pragas e doenças, o uso de agroquímicos é também intensivo. Isto acarreta inúmeros problemas de saúde à população envolvida com o cultivo, além de problemas de tipo ambiental, por contaminação de solos e cursos de água. A cultura do tabaco utiliza intensivamente

os recursos de nutrientes do solo. Este fato faz com que os produtores precisem rotar cultivos ou habilitação de novos solos eliminando coberturas lenhosas de florestas nativas primárias ou de sucessões secundárias.

Na atualidade a sociedade Argentina impulsionada pelas políticas do governo nacional, debate sobre os danos causados à população pelo tabaquismo e a necessidade de diminuir seu consumo. Várias estratégias foram propostas para isso, entre elas, a possibilidade de eliminar os incentivos existentes por meio do Fundo Especial do Tabaco. Porém esta estratégia impactaria sobre uma grande população ligada à atividade que, como já foi dito, são agricultores de escassos recursos.

4 MODELO DE ALOCAÇÃO DE USO DA TERRA

4.1 INTRODUÇÃO

A ideia da planificação do uso do solo é que cada área seja usada de um jeito tal que forneça o máximo benefício social, sem produzir degradação dos recursos naturais envolvidos.

A geração de ferramentas técnicas para otimizar o uso do solo, levando em consideração aspectos socioeconômicos e ambientais torna-se hoje uma necessidade.

Na província de Misiones, tal como acontece em outras províncias da Argentina e grande parte do mundo, o processo de uso da terra segue um comportamento espontâneo sem qualquer planificação prévia.

Esta falta de planificação se deve em parte pela abundância do recurso terra, principalmente na primeira metade do século passado, em que a província de Misiones possuía mais de um terço do território coberto com formações nativas, considerada naquele momento como áreas improdutivas. Isto, unido à falta de uma visão estratégica de longo prazo sobre o melhor uso da terra, nos momentos de fundação de cada cultura, fez com que não fosse considerada a planificação de usos e alocação da terra.

Com o decorrer do tempo e o aumento populacional, as necessidades socioeconômicas cresceram, e também cresceu a procura pela terra e a competição entre culturas. Também ocorreu que o interesse pelas formações nativas, que antigamente eram consideradas terras improdutivas, foi crescendo na população. Isto trouxe acarretado maiores restrições e limitantes para o uso da terra que atualmente possuem florestas nativas. Como consequência disto o governo Provincial criou num período de 20 anos mais de 500 mil ha de parques e reservas, o qual quer dizer que um sexto da superfície provincial já só pode ser alocado com florestas nativas.

Das quatro principais culturas estudadas para a província de Misiones neste trabalho, uma delas, o setor de florestas plantadas, duplicou sua área de utilização

nos últimos dez anos com possibilidade de continuar crescendo na área e ocupada. Ainda bem, esta atividade é uma das mais amigáveis com o ambiente, sofre um conjunto de restrições e exigências dos governos e da população, que condicionam um melhor crescimento do setor. A erva mate experimentou também um aumento na área ocupada, devido aos melhores preços obtidos nos últimos cinco anos. As culturas de chá no entanto, mantiveram-se relativamente constantes, como também a cultura de tabaco.

Talvez um dos maiores impactos das diferentes culturas sobre os recursos naturais na província é a erosão hídrica do solo, devido às fortes declividades que apresenta a maior parte do território, e às características do solo. De todas as culturas a atividade de florestas plantadas é a que menores índices de erosão apresenta, seguidas por erva mate e chá, sendo tabaco a que apresenta os maiores índices de erosão.

Outra característica das culturas praticadas na província, é a tecnicização e a tendência crescente de utilizar produtos químicos para controle de pragas e doenças e, para manter a limpeza das plantações. Isto acarreta impactos sobre o meio ambiente, devido à sobrecarga de produtos e pelas frequentes más práticas no manuseio e aplicação. Sendo o cultivo de tabaco o mais atacado pelas pragas e doenças, é também o que apresenta maiores índices de utilização de produtos agroquímicos. A atividade florestal é a que apresenta os menores índices de utilização porque os únicos produtos utilizados são os herbicidas, no primeiro e segundo ano de plantação e, depois, fica livre de utilização de qualquer produto químico.

Por outra parte, a falta de emprego é um problema que em maior ou menor medida enfrentam todos os governos, sendo a geração de empregos uma política de estado. As diferentes culturas possuem também diferentes níveis de complexidade nas cadeias produtivas, apresentando também diferentes índices de empregos.

No presente capítulo desenvolve-se um modelo de alocação de uso da terra, para a província de Misiones, Argentina, baseado em programação linear e SIG

com a finalidade de gerar cenários de crescimentos das distintas culturas e analisar os impactos sobre indicadores de renda, de emprego, de erosão hídrica e do uso de agroquímicos.

4.2 CULTIVOS SELECIONADOS

Para o desenvolvimento do presente modelo foram selecionadas as culturas de florestas plantadas, tabaco, chá e erva mate, em razão a que são as mais importantes das atividades do setor agrícola e florestal da Província de Misiones. Todas elas têm suas características particulares, tal como já foi descrito no capítulo III, e geram boa renda ao setor privado e público da Província. O governo e a população têm interesse na continuidade destas culturas num marco de sustentabilidade e equilíbrio com o meio ambiente, razão pela qual tenta-se construir uma ferramenta que auxilie a tomada de decisão sobre o que e onde plantar.

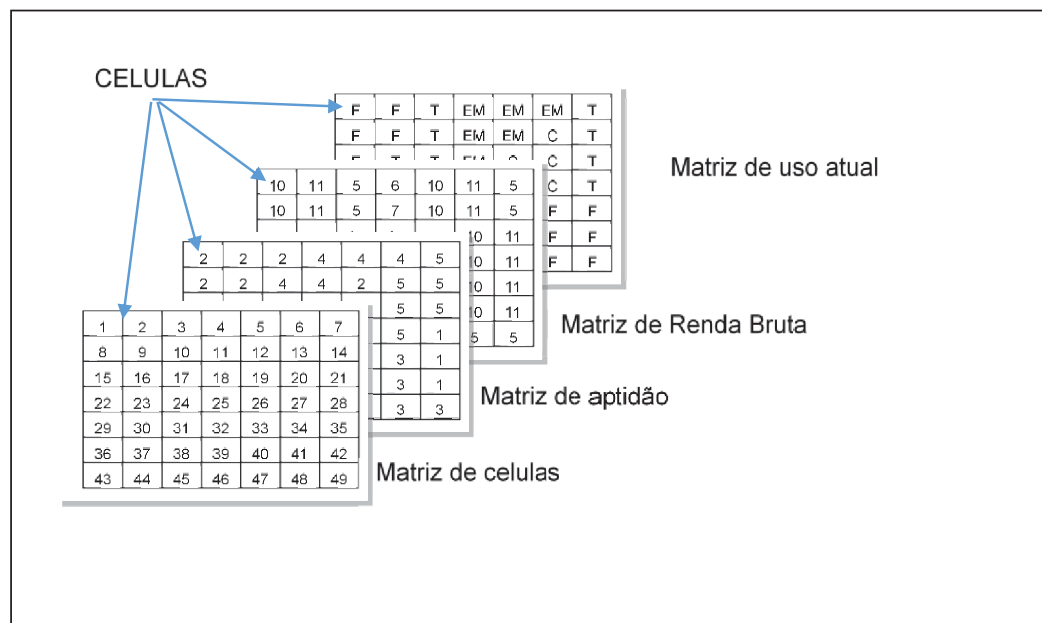
4.3 INFORMAÇÃO TERRITORIAL

O território da província de Misiones possui uma extensão de aproximadamente 29.457 km². Para conduzir o presente trabalho a superfície foi dividida em unidades ou células de 100 ha cada, resultando assim um número de 29.492 pixels, que conformam uma malha regular de toda a Província. Tem-se uma diferença de 301 células atribuída a problemas de precisão nos mapas digitalizados da Província de Misiones de Escala 1:100.000.

As células são consideradas as unidades básicas de análise para o processo de avaliação do solo, segundo as diferentes variáveis selecionadas. São consideradas unidades homogêneas desde um ponto de vista biofísico e socioeconômico. Isto é, cada célula tem um só valor de aptidão do solo, de erosão potencial, de uso atual, etc. Em cada célula se aloca um uso do solo conforme às regras de decisão adotadas. No âmbito de geração de cenários com programação linear, elas se constituem em variáveis de decisão. Na figura 4.01 tem-se um exemplo da constituição das diferentes matrizes.

Esta malha regular foi a estrutura básica para a conformar a base de dados que alimentou o modelo de programação linear.

FIGURA 4.01 - EXEMPLO DE MATRIZES EM FORMATO RASTER CONTENDO AS VARIÁVEIS.



FONTE: O autor (2006)

4.4 CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS

Para montar o modelo de programação linear foi construída uma base de dados contendo as informações físicas e socioeconômicas. Esta base fornece os coeficientes necessários para a resolução do modelo.

As variáveis inseridas na base de dados estão organizadas em três matrizes:

1. Matriz de usos,
2. Matriz de departamentos, e
3. Matriz de células.

4.4.1 MATRIZ DE USOS

Cada uso em consideração, isto é, florestas plantadas, tabaco, chá e erva mate, tem diferentes requerimentos de insumos de agroquímicos, podem gerar diferentes quantidades de empregos, diferentes rendas brutas e, também, podem crescer até um teto de área determinado pelas possibilidades de colocação do produto no mercado e a disponibilidade física de terra. Os valores destas variáveis

foram calculados com base no ha para que sejam comparáveis e serem usados no modelo de programação linear.

A metodologia geral para obter os coeficientes foi por meio de informações obtidas de fontes secundárias. Neste ponto é destacável a falta de informação fidedigna dos distintos setores e, cada autor pode ter informação que varia entre eles. Isto complicou o processo de análise e fez com que se tivesse que utilizar diversas metodologias para homogeneizar os dados. Se procurou dispor de inventários, produtividades das diferentes culturas, custos de implantação e colheita, custos de industrialização, mão-de-obra ocupada, preços obtidos entre os anos 2003 e 2004, necessidade de agroquímicos referidos a um hectare, para um ano. Foi necessário recalcular os valores das variáveis para ter em um mesmo formato e escala, já que não sempre as informações estão disponíveis em forma homogênea.

A seguir são descritos os coeficientes e a forma de obtenção.

Demanda de produtos agroquímicos ($agrqco_i$)

Florestas plantadas. As florestas plantadas utilizam herbicidas e formicidas, durante o primeiro e segundo anos de plantação como prática comum. Quando se utiliza um sistema misto de manejo (mecânico – químico) se estimou baseando-se em dados de COLCOMBET e GUNTHER (2005), que se utilizam 2 kg de formicidas e 4 kg de herbicidas. Se consideramos que os turnos de corte para florestas plantadas de rápido crescimento a média de espécies é de 20 anos, então o coeficiente de utilização de produtos químicos é de 0,3 kg/ha ano.

Tabaco. Os plantios de tabaco são os que utilizam a maior carga de agroquímicos. Segundo um trabalho de GUNTHER et al (2002) e GTZ (1981), são necessários 8,7 kg/ha ano de agroquímicos distribuídos em fungicidas e inseticidas, incluindo as etapas de viveiro e plantios.

Chá. Os plantios de chá têm vida útil de 35 anos, incluindo as etapas de viveiro, instalação de plantios e produção a pleno que ocorre aos quatro anos de plantação. Até esta etapa, conforme explica GTZ (1981), utilizam-se 7 kg de

produtos químicos (fungicidas, herbicidas). Este valor repartido nos 35 anos gera 0,2 kg/ha ano. Após dos quatro anos utilizam-se 0,5 kg/ha ano de herbicidas e fungicidas, perfazendo um total de carga de agroquímicos de 0,7 kg/ha ano.

Erva Mate. Esta cultura tem um ciclo parecido ao cultivo de chá. Os plantios têm vida útil de 35 anos, e produzem a pleno a partir dos quatro anos de idade. Segundo GTZ (1981) são necessárias 2,67 kg/ha/ano de herbicidas para manter as plantações desde o primeiro ano, 0,7 kg/ha/ano de formiguicidas, perfazendo uma carga de agroquímicos em base anual de 3,37 kg/ha.

Geração de empregos (empleo_i)

Floresta plantadas. Para o cálculo de empregos gerados no setor de florestas plantadas se trabalhou com dados de inventário e mão-de-obra ocupada de fonte provincial GAUTO (2001) e MINISTERIO DE ECOLOGIA (2002). Assim, baseado no Inventário Provincial do ano 2001 estimou-se em 277.000 ha de florestas plantadas ao ano 2001. Somando os plantios de latifoliadas, a superfície total é de 300.000 ha. Por outra parte, o MINISTERIO DE ECOLOGIA RNR y T (2002) informou que o total de mão-de-obra ocupada na cadeia produtiva florestal era de 38.879 pessoas, sendo 29.000 pessoas ocupadas no setor primário até colheita inclusive, 7.650 pessoas em serrarias e laminados, 1.530 em fábrica de pastas e papel e 909 pessoas em fábrica de móveis e suas partes. Assim então, o coeficiente de emprego estimado foi de 0,133 pessoas por ha. Ou seja, se precisam 7,5 ha de floresta para gerar um emprego em toda a cadeia produtiva.

Tabaco. No setor de tabaco a área plantada é diferente em cada ano por ser uma cultura anual e, é difícil fixar um número de mão-de-obra diretamente ocupada, porque a maior parte das plantações são feitas por pequenos plantadores que compartilham esta atividade com outras existentes nas suas chácaras. Por este motivo, decidiu-se calcular a mão-de-obra seguindo a estrutura de custos para conseguir os plantios até sua colheita. Neste cultivo não foi considerada a industrialização devido a que quase tudo se desenvolve fora da província. Assim então, temos que segundo dados da GTZ (1981), para produzir um ha de tabaco se precisam 119,5 dias de trabalho, conforme a distribuição que se pode observar

na tabela 4.01. Mesmo estes dados sendo antigos, se consideram válidos, já que a tecnologia de cultivo e colheita de tabaco não mudou, além do tempo transcorrido.

TABELA 4.01 - DIAS DE TRABALHO NECESSÁRIOS PARA PRODUZIR 1 HA DE TABACO.

ATIVIDADE	JORNAIS
Vivero	20
Preparo do solo	5
Plantação	33.5
Colheita	61
Total	119.5
Trabalhador por ha	0.5858

FONTE: Adaptado de GTZ (1981)

Isto implica em que a cultura do tabaco gera 0,59 empregos por cada ha. Esta atividade é a que apresenta maior índice de emprego.

Chá. Para esta atividade, estimações próprias, em base a dados de GTZ (1981) e de ZANINO (1993), indicam que o setor primário da cultura do chá utiliza um total de 3.484 empregos. FREAZA (2002), menciona que gera perto de 10.000 empregos no setor primário. É necessário levar em conta que as pessoas ocupadas não dedicam todo o tempo à cultura do chá, mas também à outras culturas que têm em sua chácara. A atividade industrial conforme cita FREAZA (2002) utiliza em torno de 2000 pessoas. Sendo assim, e considerando que a superfície plantada com chá é de 34.243 ha (INDEC 2002), o índice de emprego deste cultivo é de 0,14. Isto equivale a dizer que se precisam 7,1 ha de plantios de chá para gerar um emprego fixo.

Erva mate. Seguindo a estrutura de custos para a erva mate estabelecida por GUNTHER et al (2002) e, o inventario de erva mate MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCIÓN (2002) foi estabelecido o coeficiente de geração de empregos para a cultura da erva mate. Conforme a elaboração própria em base a GUNTHER et al (2002), o número de pessoas ocupadas no setor primário da erva mate é de 17.458. Segundo MONTESCHIESI (2005, informação verbal)⁴, o setor de Moinhos ocupa 5.000 pessoas e o setor de secagens de folhas verdes, 2.200 pessoas.

⁴ Roberto Monteschiesi Director titular do Instituto Nacional de la Yerba Mate. Ocupacion de personas en la Industria Molinera de la Yerba Mate. 2005.

Assim então tem-se um total de 24.658 pessoas ocupadas na cadeia produtiva no cultivo da erva mate. Se consideramos que existem 173.454 ha de plantios de erva mate (MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCIÓN, 2002), temos um coeficiente de geração de empregos de 0,142 empregos por ha.

Renda bruta total (VBT_J)

Florestas plantadas. Para o cálculo da renda bruta total de florestas plantadas trabalhou-se com estatísticas do MINISTERIO DE ECOLOGIA RNR y T (2002, informação verbal)⁵ cujos valores estão na tabela 4.02.

TABELA 4.02 - RENDA BRUTA GERADA EM FLORESTAS PLANTADAS AO ANO 2004

RENDA BRUTA POR SETORES	PESOS (ANO 2001)
Primario	354,657,119
Serraría	776,503,000
Laminados E Tableros	179,000,000
Movéis	14,855,000
Pasta E Papel	750,000,000
Total	2,075,015,119

FONTE: Adaptado de Ministério de Ecologia RNR y T (2005)

Devido a que os valores da tabela 4.02 correspondem a culturas de pinos e eucaliptos, foi considerado para o cálculo da Renda bruta total por ha a superfície de pinos e eucaliptos que segundo o Inventário Florestal 2001, GAUTO (2001) foi de 277.000 ha. Assim então, segundo estes valores, a renda bruta total por cada ha de florestas com base anual é de \$7.491.

Tabaco. No setor do tabaco o maior aporte da renda bruta dentro da província de Misiones é no setor primário. Na tabela 4.03 estão os valores de produtividade dos três tipos de tabaco plantados na província, dos quais o tipo Burley eé dominante.

⁵ Ministerio de Ecologia RNR yT. Datos de la Economía del Sector Forestal. 2005.

TABELA 4.03 - RENDA BRUTA GERADA NO CULTIVO DO TABACO AO ANO 2004

RENDAS BRUTAS POR SETORES	PESOS (ANO 2001)		
	TIPO DE TABACO		
ITEMS	VIRGINIA	BURLEY	CRIOLLO
Produtividade (kg/ha)	2317	1606	1094
Preço (\$/kg)	3.01	3.53	1.58
Renda bruta setor primário (\$/ha)	6975	5669	1728
Participação por tipo de tabaco	0.010	0.940	0.050
Renda bruta ponderada do setor primário (\$/ha)	5486		
Renda bruta estimada do setor industrial (\$/ha)	474		
Renda bruta total por ha (\$/ha)	5960		

FONTE: Adaptado de Dirección Provincial de tabaco (2005 informação verbal)⁶

Também pode-se observar que o setor industrial aporta uma renda mínima, já que se limita a deixar em condições e empacotar para transporte para as fábricas de cigarros ou para exportação. Então a renda bruta gerada é de 5.960 \$/ha.

Chá. Segundo informa FERNANDEZ JORDAN (2005) a produção média de folhas de chá é de 6,5 t/ha, sendo o coeficiente de conversão de chá verde a chá seco de 4,5, obtém-se um rendimento de chá seco de 1,444 t/ha. Conforme a evolução do preço do chá verde, no ano 2004 foram pagos 200 \$/t. No entanto em que, para o chá seco em pacotes para exportação, foram pagos 2.100 \$/t. Sendo assim, temos que a renda bruta total por ha de chá é de 3030 \$/t.

Erva mate. Segundo o INYM (2006), ao ano 2004 foram pagos 320 \$/t de folha verde de erva mate verde. Em tanto que a erva mate processada, com processo de secagens, moído e embasado foi aproximadamente de 4.100 \$/t. É destacável que no caso da erva mate, uma grande parte da produção tem processo completo, incluindo empacotado e embalagem para comercialização, dentro da Província. Sendo assim, dada que a relação de rendimento de folhas verdes a seca é de 3:1, e que a produção média dos plantios existentes na província é de 5,1 t/ha, a Renda bruta gerada é de 8.856 \$/ha.

⁶ Entrevista al Director de Tabaco – Ministerio del Agro y la Producción (2005)

Possibilidades de crescimentos (act. tot.)

Devido a que a geração de cenários requer estabelecer as possibilidades de crescimentos para cada cultura, foi feita também uma análise das possibilidades de expansão de cada cultura.

Florestas plantadas. Este setor se apresenta como o mais dinâmico e em maior crescimento nos últimos tempos. Assim, estimações feitas para o ano 2000 estabeleciam a existência de 277.000 ha de florestas com espécies de rápido crescimento GAUTO (2001), no entanto, para o ano 2006, já se estimavam em 350.000 ha de florestas plantadas com espécies de rápido crescimento. Porém, também é um dos setores mais criticados principalmente pelos ecologistas extremos, e tal vez esta seja uma das maiores limitações para seu crescimento. Isto é, assim, apesar de que das atividades consideradas, as florestas são as mais amigáveis com o meio ambiente.

A Província de Misiones possui uma grande parte do seu território com aptidão para cultura de florestas. Porém, muitas destas áreas já estão ocupadas como áreas de parques e reservas, reduzindo o espaço potencial. Estimações feitas (Subsecretario de Desarrollo Forestal Misiones, 2005 informação verbal)⁷ sugerem que as florestas plantadas em Misiones podem crescer sustentavelmente e em equilíbrio com as outras atividades e com o meio ambiente até uns 800.000 ha. Se destaca que a região de colocação dos produtos madeireiros da Província de Misiones é mundial, havendo alcançado as produções industriais padrões de qualidade a esse nível. Sendo que o mercado mundial da madeira está em aumento, não existem restrições neste sentido. Assim para este trabalho se considerou como teto de crescimento do setor florestal 800.000 ha.

Tabaco. A atividade de plantação de tabaco é um tanto controversa, já que existe interesse por parte do governo e da sociedade de eliminar o consumo do

⁷ Entrevista a Subsecretario de Desarrollo Forestal. Situación y perspectivas del sector forestal de Misiones. 2005

tabaco. Já existem várias leis que limitam seriamente o consumo, e também projetos para eliminar o Fundo Especial do Tabaco que fomenta as plantações.

Por outra parte, é a atividade que melhor distribui os recursos. Conforme o descrito no capítulo III ao ano 2002 existiam na província 11.290 produtores de tabaco.

Não há dúvida que a atividade vai ter que ser reconvertida, mas até que isso aconteça estima-se que a atividade deve continuar, porém sem maiores crescimentos em relação à superfície. Para a geração de cenários, no presente trabalho se considerou um teto de 30.000 ha, perto do total plantado no ano 2006.

Chá. É uma atividade antiga e muito arraigada na cultura da Província de Misiones. A atividade estancou sua superfície de produção desde o ano 1965, e desde então só renovou os plantios velhos de chá. Dado que o chá argentino não tem boa qualidade, suas possibilidades no setor mundial são limitadas. Porém, existem interesses em melhorar os plantios para obter melhores qualidades do produto. Sendo assim, para fins do presente trabalho estima-se que a superfície plantada poderia crescer até uns 70.000 ha.

Erva mate. A erva mate é um produto mais conhecido regionalmente, e suas possibilidades de comercialização a nível mundial não são muito altas. Assim, o maior consumo da erva mate produzido é internamente, na Argentina, onde, segundo informe da SAGPyA (2004 a), o consumo interno foi de 90,1% do total de erva mate produzida. Sendo assim, o crescimento do setor está limitado pelo crescimento do consumo interno.

Muitos esforços estão sendo dedicados à aumentar os mercados externos, principalmente nos países do Oriente, que de ser atingidos implicariam em uma maior procura e produção. Além das complicações do mercado, a erva mate é um produto de boa qualidade, muito bem arraigada na cultura produtiva da província, e que pode ter crescimento importante. É por isso que para um cenário futuro foi considerado que a atividade pode crescer até 300.000 ha.

4.4.2 MATRIZ DE DEPARTAMENTOS

A província de Misiones está dividida em 17 departamentos conforme se observa na figura 4.02.

FIGURA 4.02 - MAPA DE DEPARTAMENTOS DA PROVÍNCIA DE MISIONES.



FONTE: O autor (2006)

Neste trabalho se dispõe de um conjunto de informações, tais como os inventários das diferentes culturas, que não estão completamente especializados. Então foi preciso fazer a distribuição dos mesmos por departamentos. Os dados assim obtidos são utilizados no modelo como recursos limitantes (lado direito das restrições) no modelo de programação linear.

Talvez uns dos maiores problemas do ordenamento territorial são alterações de uso do solo quando o uso atual não é o adequado e requer mudanças. Neste caso é requerido no modelo de PL que permaneça em cada departamento como mínimo a superfície atual de cada cultura. Assim então tem-se na tabela 4.04 a matriz de valores por departamentos, da superfície que deverá manter-se como mínimo.

TABELA 4.04 - SUPERFÍCIE DAS CULTURAS CONSIDERADAS POR DEPARTAMENTOS SEGUNDO CENSO NACIONAL AGROPECUARIO (2002)

DEPARTAMENTO	SUPERFÍCIE DAS CULTURAS (ha)			
	Florestas plantadas	Tabaco	Chá	Erva mate
Veinticinco de Mayo	11,072	6,095	1,628	4,997
Concepción	15,491	3	23	6,128
Montecarlo	19,841	2	420	5,578
San Pedro	14,227	1,405	839	6,556
Guaraní	14,578	7,568	2,678	9,970
Cainguás	17,128	3,036	10,010	17,748
Libertador General San Martín	27,551	314	732	10,440
Candelaria	5,614	32	7	1,319
Eldorado	28,834	0	9	7,888
San Javier	7,152	1,095	563	3,761
Leandro N. Alem	10,193	1,733	1,501	8,653
General Manuel Belgrano	7,419	2,872	229	12,886
Iguazú	124,640	42	151	4,317
Oberá	24,619	921	13,117	29,296
Apóstoles	6,522	8	798	16,583
Capital	10,646	0	0	2,022
San Ignacio	26,404	132	2,140	19,161
Total	371,928	25,256	34,843	167,300

FONTE: Adaptado de INDEC (2002)

4.4.3 MATRIZ DE CELULAS

A última das matrizes construídas foi a de células. Como já foi dito, a superfície da província se dividiu em 29.492 células de 100 ha cada. Neste trabalho, a célula é considerada a unidade básica de análise para o processo de avaliação e alocação de usos da terra. A função das células dentro do modelo de alocação, foi de variável de decisão, e como tal, foi preciso construir os coeficientes técnicos para a função objetivo e as restrições da programação linear no caso das variáveis cujos dados estão disponíveis para todo o território.

Dentre estes coeficientes estão a erosão potencial para cada cultura e a renda bruta.

Erosão potencial para cada cultura (ero_{ij})

Conforme explicam FERNANDEZ, CASTELO e O'LERY (1989), a degradação dos solos pela erosão hídrica é uma das causas da diminuição da produtividade e abandono das terras em todo o mundo. Na província de Misiones o perigo de erosão hídrica gerou preocupação, desde os inícios da agricultura.

LIGIER, MATTEIO e POLO (1989) desenvolveram um mapa de risco de erosão hídrica da província de Misiones em escala 1:500.000, onde determinaram que 62,3% da superfície do território provincial tem risco teórico de erosão hídrica de alta a extremadamente alta, com valores potenciais desde 400 t/ha/ano de perda de solos, até mais de 1400 t/ha/ano, em tanto que os restantes 37,7% possuem potenciais de erosão hídrica desde baixa a moderadamente alta, com valores menores a 40 t/ha/ano até 400 t/ha/ano de perda potencial de solo. A erosão potencial ou máxima erosão teórica é um valor calculado em condições de solo totalmente nu, no setor topográfico de maior declividade e, sob a maior poder de erosão das chuvas.

Os tipos de cobertura dos solos, e os usos e manejos das diferentes culturas, são decisivos e são os únicos fatores que o homem pode manejar para minimizar as perdas de solos por erosão hídrica. Por isso a grande importância que tem seu conhecimento e como cada cultura afeta a erosão.

Neste estudo a erosão é considerada um objetivo a mais a otimizar. Com esta intenção geraram-se mapas de erosão para as quatro culturas consideradas neste trabalho, seguindo a metodologia do cálculo da erosão por meio da equação universal de perda de solos (USLE) citada e descrita em MITCHELL e BUBENZER (1980), LIGIER, MATTEIO e POLO (1989), FERNANDEZ, CASTELO e O'LERY (1989). USLE é amplamente utilizada pelos especialistas do solo de todo o mundo. Os mapas foram gerados utilizando ferramentas de cruzamento e álgebras de mapas fornecidos pelas tecnologias SIG (TOMLIN 1994). Procurou-se obter mapas em formato raster com tamanho de células compatíveis com a matriz de células (100 ha) utilizada neste trabalho.

A equação universal de perda do solo tem a seguinte expressão:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

onde:

A = quantidade do solo perdido em toneladas por hectare e ano, para condições específicas de chuvas, solos, topografia, cultivo, manejo e práticas de conservação,

R = potencial erosivo das chuvas, relacionado à intensidade dos primeiros 30 minutos,

K = erosividade ou vulnerabilidade dos solos. Depende do tipo do solo e é uma taxa de perda de um solo determinado trabalhado a favor da declividade com porcentagem de 9% e comprimento de 22,1 m.

L = comprimento da declividade em m,

S = gradiente da declividade em %,

C = fator relacionado ao tipo de cultivo e seu manejo,

P = Práticas de conservação de solos como terraços, faixas contra do sentido da declividade, e outros.

Os fatores L e S são chamados de fatores topográficos e são considerados conjuntamente pela aplicação da seguinte expressão:

$$LS = \left(\frac{x}{22}\right)^m * (0,065 + 0,045 * S + 0,0065 * S^2)$$

x = distância da declividade.

m = 0,5 se S >= 5%

m = 0,4 se S vale de 3 - 5%

m = 0,3 se S vale de 3 - 1%

m = 0,2 se S menor a 1%

Utilizando DTM (*Digital Model Terrain*) do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) da NASA e o mapa das regiões geográficas de Misiones (LIGIER, MATEIO

e POLO al 1989) foi calculada a média de declividades para cada região resultando valores de L que vão desde 130 m até 329 m.

Baseado nos mapas de declividades e mapa de L e, usando álgebra de mapas, foi obtido um mapa do fator LS para toda a província de Misiones em base às células.

LIGIER, MATEIO e POLO et al (1989) determinaram a erosividade das chuvas em função das isoietas para Misiones e da altitude do solo sobre o nível do mar, obtendo valores de R de 1000 a 1300. Estes valores foram interpolados para obter o valor correspondente a cada célula ou pixel.

O fator K é a declividade dos tipos de solos. LIGIER, MATEIO e POLO (1989) cita para Misiones valores entre 0,04 e 0,29 dependendo do tipo solo. Utilizando o mapa de solos gerado por LIGIER, MATEIO e POLO (1989) se alocou um valor de fator K adequado para cada um deles, e o mapa resultante foi dividido em unidades homogêneas de 100 ha.

Os valores fornecidos pela equação:

$AT = LS \cdot R \cdot K$, é denominada erosão potencial ou teórica. Este valor sobrestima a verdadeira erosão porque não considera o efeito da cobertura, os usos e as medidas de preservação.

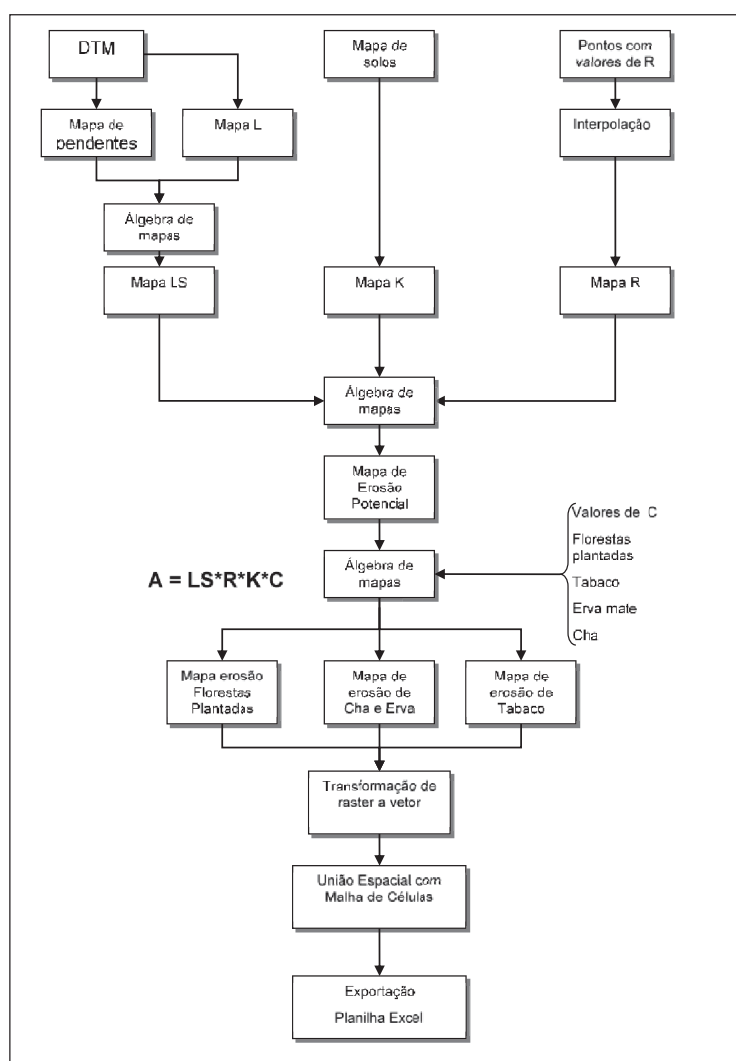
Cada cobertura e cada cultivo tem diferentes índices de erosão. Assim, no presente trabalho, tomaram-se os valores determinados por MITCHELL e BUBENZER (1980). Este autor determinou valor do coeficiente C de 0,001 para florestas, 0,2 para cultivos perenes (erva mate e chá no presente trabalho), e 0,3 para cultivos anuais (tabaco em este trabalho). O efeito do coeficiente C é reduzir a erosão potencial ou teórica. Assim por exemplo, as florestas plantadas reduzem a erosão a 0,1% da erosão potencial.

Neste trabalho não foi considerado o efeito de atividades de manejo orientado à preservação.

Na figura 4.03 se desenha o fluxograma seguido para obtenção dos mapas de erosão por tipo de cultivos.

Como se observa no fluxograma, o cálculo dividido da erosão segundo tipos de cultivos, inicia-se com mapas que representam variáveis simples e por sucessivos cruzamentos e operações de álgebra de mapas se obtém mapas que representam variáveis mais complexas ou derivadas, até obter os mapas de erosão para cada cultura.

FIGURA 4.03 - FLUXOGRAMA MOSTRANDO A SEQUÊNCIA DOS CRUZAMENTOS E OPERAÇÕES DE ÁLGEBRA DE MAPAS PARA OBTENÇÃO DE MAPAS DE EROSÃO.



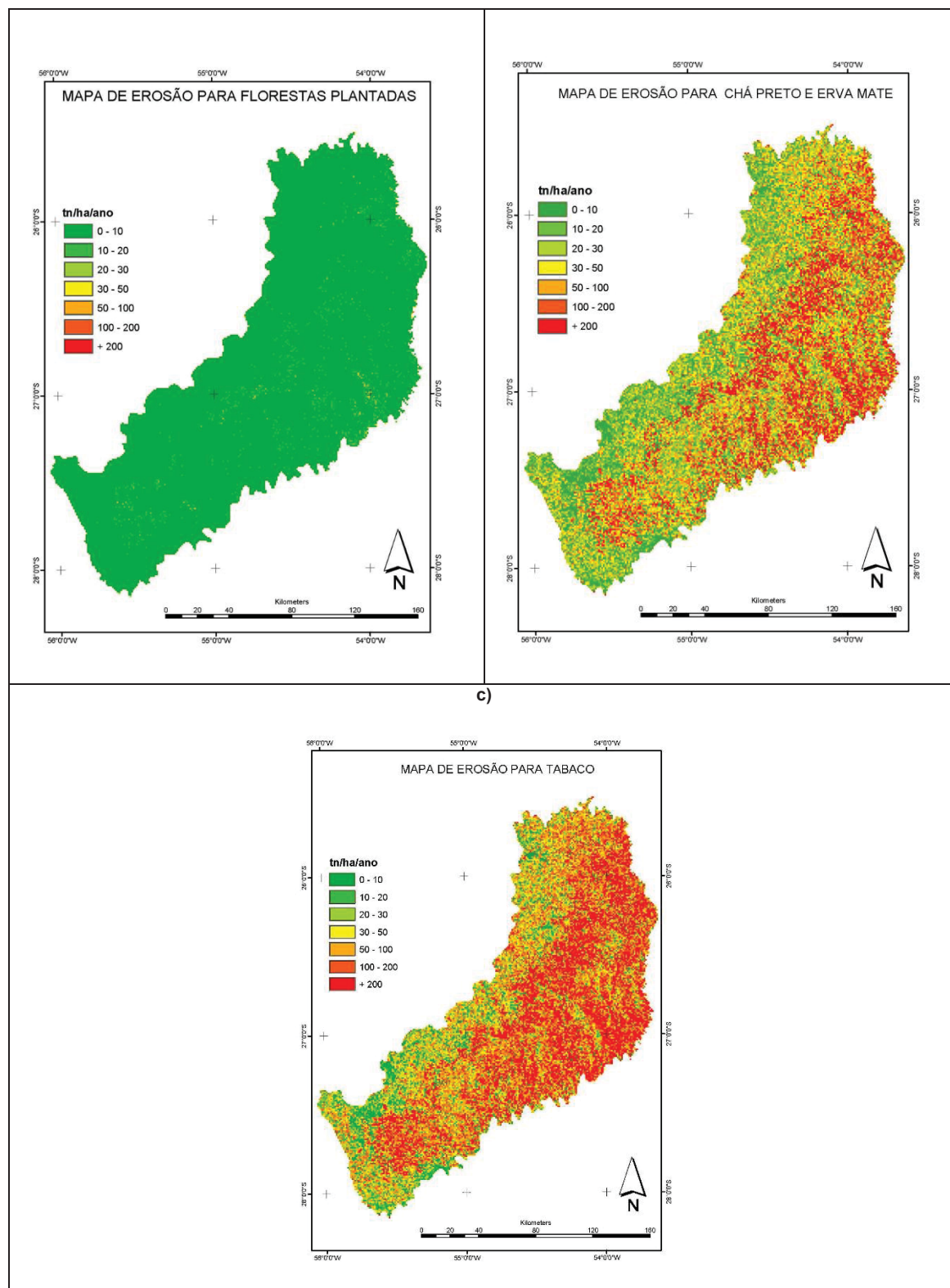
FONTE: O autor (2006)

Na figura 4.04 apresentam-se os mapas resultantes de erosão por cultivos considerados. No caso de erva mate e chá, tem-se apenas um mapa porque foi considerado o mesmo fator C para ambos os cultivos.

Como pode-se observar, quando são consideradas florestas plantadas, mapa a), dificilmente a erosão supera as 10 t/ha e ano, até nos locais mais ruins da província. Isto é assim, devido a que as florestas são eficientes na proteção do solo contra as quedas das gotas de chuva. Porém, quando é considerado erva mate ou chá, a situação muda drasticamente, e não todos os locais apresentam classes de erosão compatível com a conservação dos solos. Na realidade, existem práticas de manejo, tais como cultivo em curvas de nível ou cobertura verde, que reduzem substancialmente a erosão.

O caso mais crítico de todos é a cultura de tabaco. Em poucas áreas, apresenta níveis razoáveis de erosão. Esta cultura é talvez a menos compatível com a conservação dos solos. De fato, esta cultura requer de solos “novos” que a cada dois ou três ciclos de plantação devem ser abandonados ou dedicados a outras atividades pela drástica diminuição da produtividade.

FIGURA 4.04 - MAPAS DE CLASSIFICAÇÃO DA EROSÃO PARA FLORESTAS PLANTADAS, ERVA MATE E CHÁ.



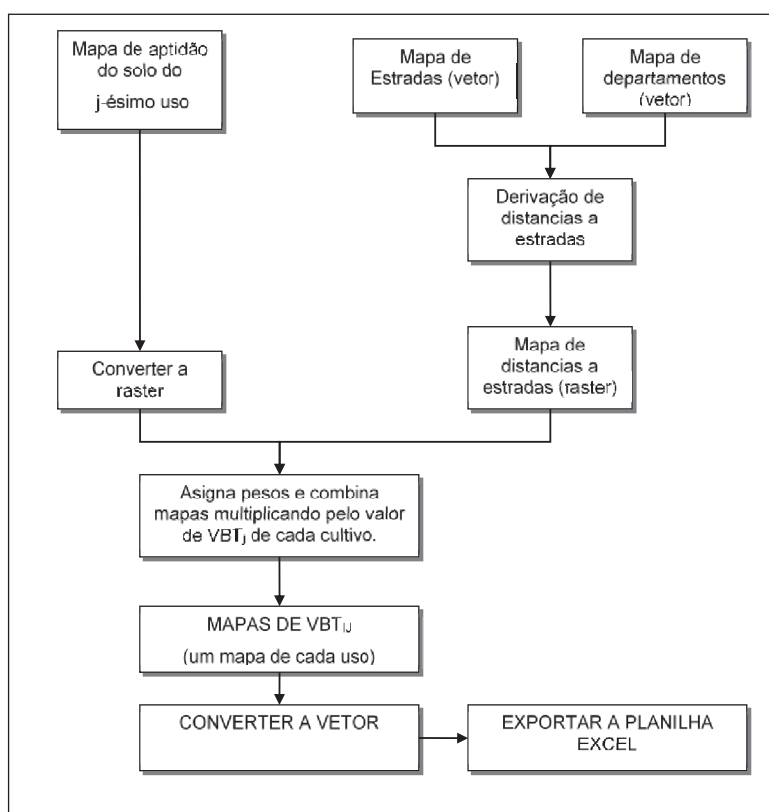
FONTE: O autor (2006)

Renda bruta por cultura (VBT_{ij})

Também foi calculado o mapa de renda bruta total por cultura. Os critérios para determinação da renda bruta foram as distâncias de cada célula i às estradas mais próximas, para saída de produtos, e o mapa de aptidão dos solos. Ao critério de distância às estradas se colocou peso de 0,2 e ao critério de aptidão do solo se assignou peso de 0,8.

No fluxograma da figura 4.05, pode-se observar a sequência e os mapas básicos necessários para obter os mapas de renda bruta segundo culturas.

FIGURA 4.05 - FLUXOGRAMA DE CONSTRUÇÃO DOS VALORES DA VARIÁVEL VBT_{ij}



FONTE: O autor (2006)

Para a conversão dos mapas de distância a estradas e de aptidão a outro de renda bruta se aplica a seguinte equação utilizando álgebra de mapas:

$$VBT_{ij} = VBT_j * \left(0.8 * \frac{Aptidão_j}{10} + 0.2 * \left(1 - \frac{distanciaestrada}{21.800} \right) \right)$$

onde:

$VB_{T_{ij}}$ = renda bruta do cultivo j por células homogêneas de 100 ha,

VB_{T_j} = renda bruta máxima do cultivo j,

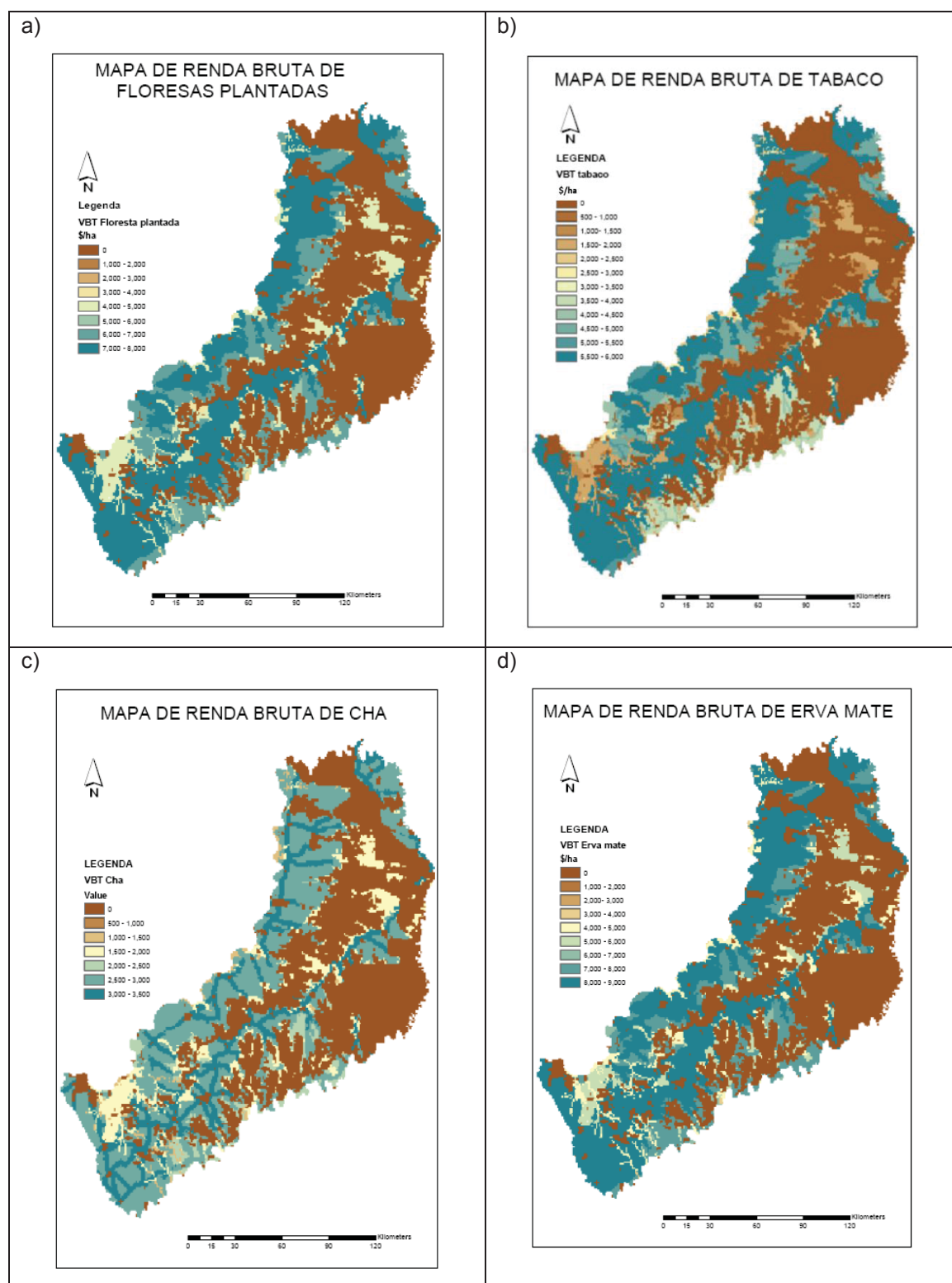
A fórmula de cálculo a aptidão de uso para cultivo j tem relação direta com a renda bruta, no entanto em que as distâncias às estradas tem relação inversa. Os critérios foram padronizados pelo valor do rango. No caso de aptidão, dividiu-se em 10 classes de aptidão sendo a classe 10 a melhor. No caso de distâncias a estradas, o rango encontrado foi de 21.800 m, sendo a distância ao local mais afastado.

Conforme esta metodologia foram gerados os mapas de $VB_{T_{ij}}$ apresentados na figura 4.06. Como se pode observar, as máximas rendas brutas coincidem com a alocação das regiões de melhores aptidões e perto das estradas.

Apenas para ilustrar este fato, na figura 4.07 pode-se observar os mapas de distâncias a estradas e mapa de aptidão para cultivo de chá.

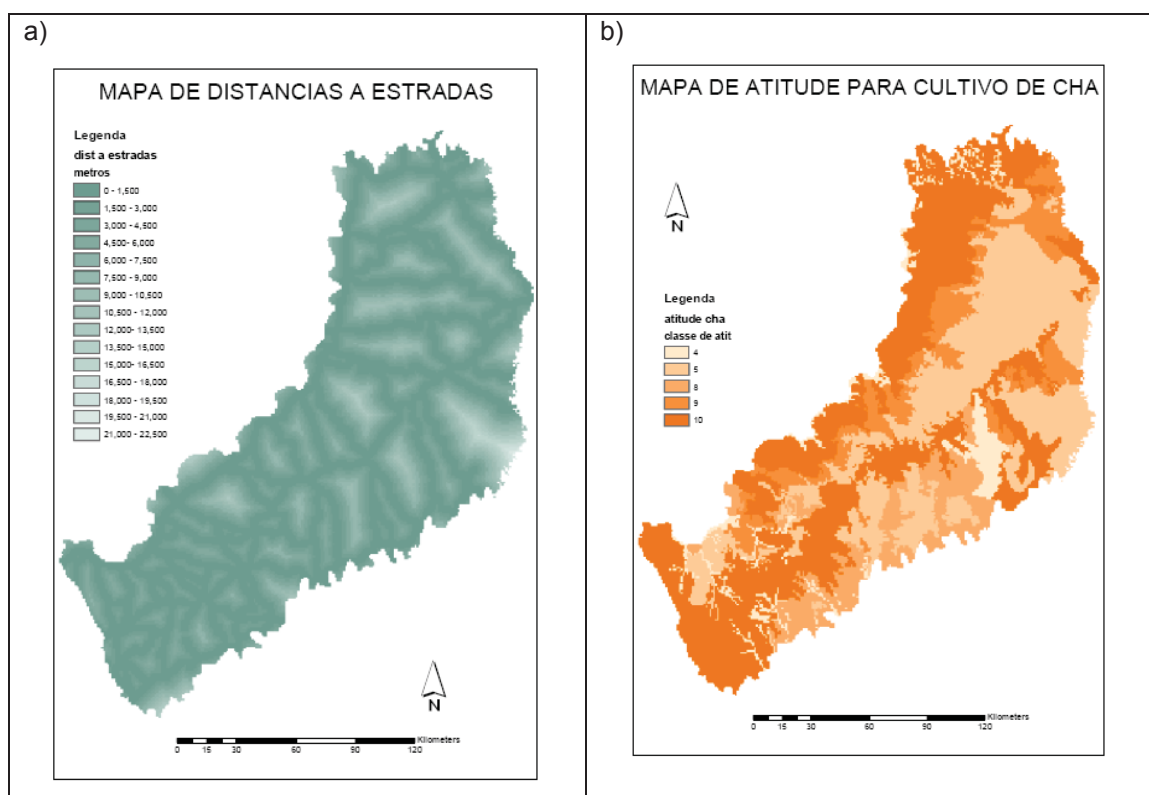
Por comparação com o mapa de renda bruta pode-se inferir a influência que cada variável tem sobre ela.

FIGURA 4.06 - MAPAS DE RENDA BRUTA (VBTIJ)



FONTE: O autor (2006)

FIGURA 4.07 - MAPA DE DISTANCIAS E APTIDÃO DO SOLO PARA CULTIVO DE CHA.



FONTE: O autor (2006)

4.5 OBJETIVOS DO MODELO DE ALOCAÇÃO

O modelo de alocação do uso do solo tem como objetivo gerar atividades em equilíbrio com o meio ambiente, respeitando as áreas restritas que estão dedicadas atualmente a parques e reservas e evitando alocar atividades onde a capacidade do solo, determinada pela porcentagem de declividades (ver figura 3.07 áreas propostas para conservação), não a admitam. Dentro deste marco geral, as metas são incrementar as superfícies plantadas com as distintas culturas determinando os impactos que a mesma tem sobre a renda bruta total, geração de empregos, contaminação com agroquímicos e erosão potencial, como também a distribuição espacial que assumem as distintas culturas.

Tendo em conta que a aptidão das diferentes culturas para satisfazer os diferentes objetivos são conflitantes, o problema é apto para ser abordado com um método de otimização tal como a programação linear. Assim por exemplo, tabaco

é uma boa atividade para gerar emprego, porém tem alta carga de agroquímicos e, além disso, é a mais erosiva de todas as atividades. A atividade florestal tem moderada a baixa aptidão de geração de emprego, gera boa renda bruta e é a que menor índices de contaminação e erosão apresenta.

Assim então foi abordado o problema com método de programação linear.

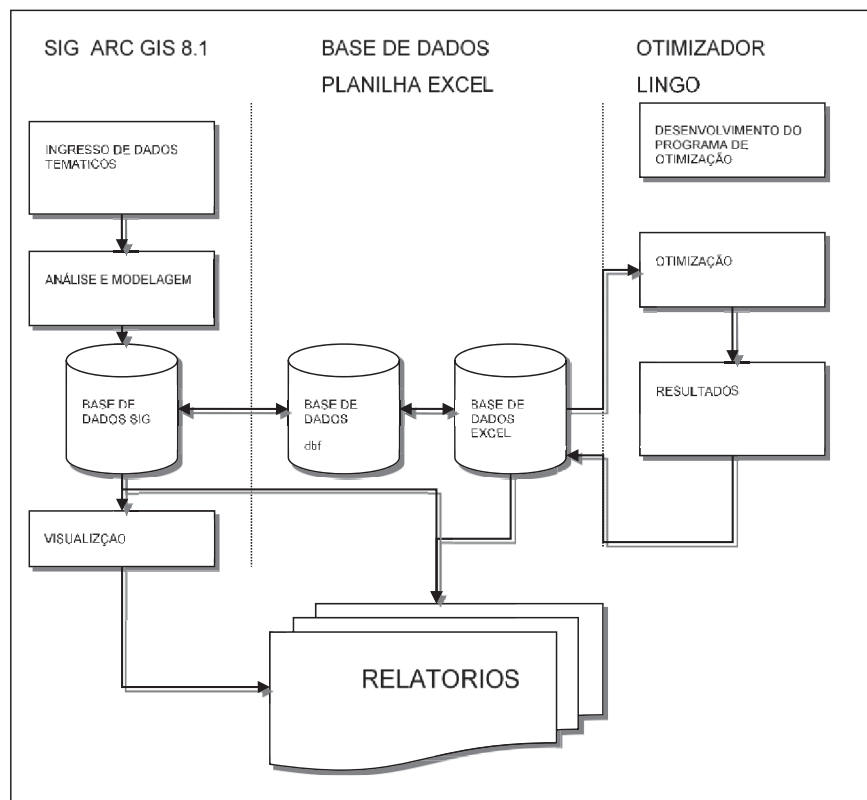
4.6 MODELO DE ALOCAÇÃO DO USO DA TERRA

O modelo de alocação de uso da terra desenvolvido no presente trabalho, envolve atividades de Sistemas de Informação Geográfica e método de Programação Linear.

Como foi discutido no capítulo II, uns dos problemas que ainda persiste, é a comunicação entre PL e SIG. A modelagem utilizando PL envolve cálculos matemáticos de certas complexidades que não podem ser desenvolvidos com as ferramentas matemáticas disponíveis atualmente no SIG.

No presente trabalho para contornar este problema desenvolveu-se uma metodologia de comunicação caracterizada no capítulo II como “loose-coupling” ou sistema de baixa integração. Os dados são armazenados em sistema de base de dados da planilha de cálculo Excel da Microsoft®. Os softwares de SIG utilizados, Arc GIS® 8.1 desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute) e o Extended LINGO® 7.0, software otimizador da empresa Lindo Systems inc, acessam a base de dados de maneira independente. O software Arc Gis® 8.1 acessa o formato de dados do tipo de extensão “dbf”, enquanto que o software LINGO acessa a base de dados “xls”, nativo de Excel. Ambos formatos são suportados em Excel. Na figura 4.08 tem-se um esquema de funcionamento das interfaces.

FIGURA 4.08 - FLUXO DE DADOS E ESQUEMA DE VINCULAÇÃO ENTRE SIG, BASES DE DADOS E OTIMIZADOR.



FONTE: O autor (2006)

Na figura 4.08 observa-se que os trabalhos se iniciam no ambiente SIG onde são ingressados os dados de diversas fontes: mapas digitais em formato raster e vetorial, mapas escaneados, imagens, fotos, bases de dados, dados de GPS e outros dispositivos e digitalização direta na tela do computador.

Conforma-se então, um conjunto de mapas, a partir dos quais por processos de modelagem, obtém-se mapas derivados, tais como declividades, erosão, aptidão do solo, distâncias, rendas brutas, uso atual do solo, entre outros. Todos estes mapas utilizando a função “join” do Arc Gis® são armazenadas na base de dados da camada de células e, a partir daí, ficam disponibilizados para seu uso pelo software otimizador.

Na fase de planilha de cálculo Excel a base de dados obtidos do SIG servem para atualizar a planilha de dados Excel® que fornece os dados ao software otimizador LINGO®. Esta é uma operação simples desde ponto de vista do

operador, já que consiste em atualizar a planilha de cálculo, o que pode ser feito manualmente ou utilizando um macro.

Já no ambiente do software otimizador LINGO®, o processo começa com o desenvolvimento do modelo a otimizar e a configuração das variáveis.

O software LINGO® resolve o modelo importando as variáveis e valores de coeficientes técnicos e as limitantes do modelo diretamente da planilha Excel®, gera uma solução e envia os resultados para mesma planilha. A planilha é vinculada à base de dados do SIG pela função “*join*” para visualizar no mapa os resultados.

4.7 MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

Foram conduzidos várias análises de programação linear com o intuito de estabelecer primeiro o comportamento global de cada variável colocando a função objetivo a cada uma delas. Logo, em condições de crescimento das culturas e renda e limitando a contaminação e erosão a valores determinados, se desenvolve um modelo geral, onde a função objetivo é a minimização de uso da terra.

A seguir são descritas as variáveis e coeficientes válidos para o presente trabalho.

Variáveis de decisão:

As variáveis de decisão são as células de 100 ha em que é dividida a província.

Os subíndices correspondem a:

Células: $i = 1, \dots, N$ células, sendo um total de 29.492 células,

Usos: $j = 1, \dots, U$ usos possíveis, (florestas plantadas, tabaco, chá e erva mate),

Departamentos: $k = 1, \dots, D$ departamentos, sendo 17.

Assim então a variável de decisão é:

X_{ij} que implica que na i -ésima célula é alocada o j -ésimo uso,

Uso de Agroquímicos ($agrqco_i$)

$Agrqco_j$ implicando que $j = 1...4$ usos

Geração de empregos ($empleo_j$)

$Empleo_j \quad j = 1...U$ usos

Atividade Mínima de cultivos por departamento ($actmin_k$)

$actmin_{kj} \quad k = 1, \dots, D$ departamentos, e $j = 1, \dots, U$ usos

Atividade máxima total por usos (act_tot_j)

$act_tot_j \quad j = 1, \dots, U$ usos,

Renda bruta total (VBT_J)

$VBT_J \quad J = 1, 2...4$ usos

Erosão

$Ero_{ij} \quad i = 1, \dots, N \quad e \quad j = 1, \dots, U$ usos

4.7.1 OTIMIZAÇÃO DOS OBJETIVOS

Programação linear é uma das formas de resolver problemas envolvendo múltiplas objetivos, sendo otimizado um dos objetivos e os demais são considerados como restrições. Neste trabalho se estabeleceram quatro objetivos: Renda bruta total, empregos, uso de agroquímicos e erosão.

O primeiro passo neste trabalho é resolver um modelo para cada objetivo desconsiderando os demais e apenas colocar restrições de área mínima por departamento de cada cultura, no caso de minimização de funções e restrições de superfície máxima para cada cultura, no caso de maximização de objetivos.

Os modelos ficaram da seguinte maneira:

Maximização de empregos

$$MAXZ_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^U emprego_{ij} * x_{ij} \quad (1)$$

sujeito a:

Restrição de atividade mínima

$$\sum_{i \in k} x_{ij} > actmin_{jk}, \quad \forall i | i \in k, k = 1, \dots, D, \quad (2)$$

Restrição de atividade máxima

$$\sum_{i \in j} x_{ij} < acttot_j \quad \forall i | i \in j, j = 1, \dots, U \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

$$x_{ij} \leq 100 \quad (5)$$

A função objetivo (1) visa obter o maior número de empregos que permitem as restrições (2) que estabelece que nenhum dos usos alocados deve ter área inferior aos usos atuais em cada um dos departamentos ($actmin_{jk}$), e também, não devem ultrapassar os níveis máximos admitidos na província para cada uso (3). As restrições (4) e (5) estabelecem que as células devem assumir valores entre 0 e 100 ha.

Máxima Renda Bruta

$$MAXZ_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U VBT_{ij} * x_{ij} \quad (6)$$

sujeito a:

Restrição de atividade mínima

$$\sum_{i \in k} x_{ij} > actmin_{jk}, \quad \forall i | i \in k, k = 1, \dots, D, \quad (7)$$

Restrição de atividade máxima

$$\sum_{i \in j} x_{ij} < acttot_j \quad \forall i \mid i \in j, j = 1, \dots, U \quad (8)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (9)$$

$$x_{ij} \leq 100 \quad (10)$$

A formula (6) é a função objetivo que visa obter a máxima renda bruta total. Mantem-se as demais restrições desde (7) ate (10).

Minimização de uso de agroquimicos

$$MINZ_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U agrqco_j * x_{ij} \quad (11)$$

sujeito a:

Restrição de atividade mínima

$$\sum_{i \in k} x_{ij} > actmin_{jk}, \quad \forall i \mid i \in k, k = 1, \dots, D, \quad (12)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (13)$$

$$x_{ij} \leq 100 \quad (14)$$

Este modelo minimiza os produtos agroquímicos utilizados mantendo um mínimo de atividades por departamento (expressão 12) similar a superfície de uso atual. As demais restrições são similares aos modelos que antecedem.

Minimização da erosão

$$MINZ_4 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U agrqco_j * x_{ij} \quad (15)$$

sujeito a:

Restrição de atividade mínima

$$\sum_{i \in k} x_{ij} > act \min_{jk}, \quad \forall i | i \in k, k = 1, \dots, D, \quad (16)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (17)$$

$$x_{ij} \leq 100 \quad (18)$$

Este modelo tem interesse em minimizar a erosão, sem outras restrições que manter um nível de atividades similar aos usos atuais.

Resultados dos modelos

Os modelos ficaram com 117.968 variáveis de decisão, 68 restrições de atividade mínima para os dois primeiros modelos, 4 restrições de atividade e 58.984 restrições de células. Os resultados dos modelos são triviais, sua análise resulta útil para visualizar as diferenças entre dados divididos e dados não divididos.

Os modelos foram resolvidos com o pacote Extended LINGO® 7/PC versão 7 e, em todos os casos, o tempo de resolução variou entre 3 e 5 minutos.

Um dos problemas nos modelos de alocação de uso da terra é a ocorrência de alocação parcial de usos numa determinada célula. Isto faz com que muitas vezes tenham que se utilizar métodos alternativos à programação linear, tais como a utilização de variáveis binárias. Este método se bem contorna o problema, incrementa consideravelmente o número de variáveis e, conseqüentemente, os tempos computacionais, até comprometer seriamente a resolução dos problemas (AERTS et al 2002 e STEWART, JANSEN e HERWINGNEN, 2004). Em nenhum dos modelos resolvidos as alocações de usos parciais superaram as 20 unidades, as que se podem considerar desprezíveis frente às 29.492 células consideradas no modelo.

No caso onde houve alocação parcial, foi resolvido assignando a célula ao uso com maior superfície.

Na tabela 4.05, estão os resultados em relação à superfície. Como é de se esperar, quando os problemas são de maximização, funcionam as restrições de atividade máxima, enquanto que as de atividades mínimas são apenas para garantir a distribuição mínima por departamento.

TABELA 4.05 - ALOCAÇÃO DE CULTIVOS SEGUNDO DISTINTAS FUNÇÕES OBJETIVOS

FUNÇÃO OTIMIZADA	FLORESTA PLANTADA	ÁREA POR CULLTIVO			TOTAIS
		TABACO	CHA	ERVA MATE	
MAXIMO EMPREGO	700,000	30,000	70,000	300,000	1,100,000
MAXIMA RENDA	700,000	30,000	70,000	300,000	1,100,000
TOTAL	700,000	30,000	70,000	300,000	1,100,000
MIN AGROQUIMICO	371,928	25,256	34,843	167,300	599,328
MIN EROSÃO	371,928	25,256	34,843	167,300	599,328

No quadro 4.06 estão os valores de cada objetivo. Os valores em negrito indicam que foram resolvidos pelo modelo, no entanto que os demais valores foram obtidos por simples multiplicação com seus coeficientes.

TABELA 4.06 - VALORES DAS FUNÇÕES OBJETIVOS

FUNÇÃO OTIMIZADA	SUPERFICIE (ha)	IMPACTO NAS VARIÁVEIS DE INTERESSE			
		RENDIA BRUTA (\$)	AGROQUIMICO (kg)	EMPREGO (indivíduos)	EROSÃO (t)
MAXIMO EMPREGO	1,100,000	5,953,084,540	1,531,000	163,085	21,386,094
MAXIMA RENDA	1,100,000	6,800,870,390	5,017,223	163,085	23,821,247
TOTAL	1,100,000	6,800,870,390	5,017,223	163,085	23,821,247
MIN AGROQUIMICO	599,328	3,282,068,590	919,496	93,054	13,388,194
MIN EROSÃO	599,328	3,276,084,640	919,496	93,054	2,005,025

Observa-se na tabela 4.06 que 163.085 foi a máxima quantidade de emprego gerados disponibilizando até 1.100.000 ha para desenvolver atividades, sendo a máxima renda bruta obtida de 6,8 bilhões de pesos, pouco mais do que 50% da renda bruta atual.

Nos modelos de minimização se pode observar que com a superfície utilizada atualmente, o mínimo de contaminação conseguida é de 919.496 kg de agroquímicos, sendo que a menor erosão foi de 2.005.025 t, equivalente a média de 3,34 t/ha ano.

Na figura 4.08 se apresentam os mapas de alocação de usos para cada um dos quatro modelos resolvidos.

Da análise de cada um dos mapas da figura 4.08, fica evidenciado o efeito dos coeficientes técnicos das funções objetivos com correlação espacial, sobre a configuração final dos usos da terra na Província. Nas distribuições de usos dos mapas 4.08 b) e d), se observa um padrão de distribuição conforme aos valores dos coeficientes da função objetivo, os que por sua vez, tem correlação espacial, e seus valores dependem da locação da célula dentro da Província.

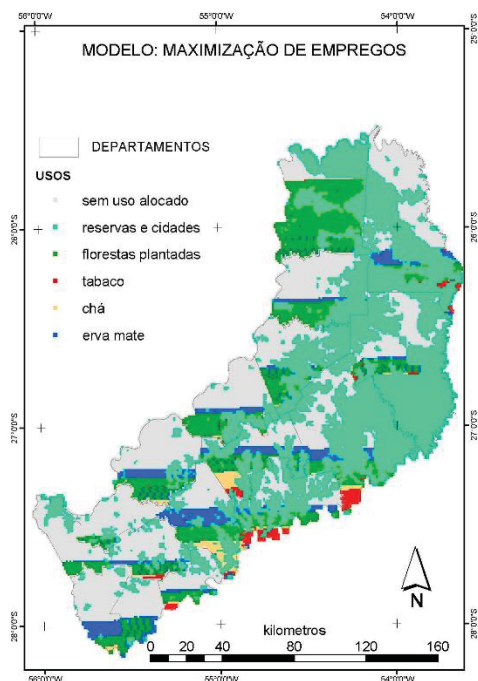
Assim, no modelo de maximização da renda bruta, observa-se que os usos ficaram alocados conforme ao coeficiente $VB T_{ij}$, que por sua vez, está correlacionado com a aptidão do solo com peso de 0,8 e, da distância às estradas de saída de produtos com peso 0,2. Este fato pode ser comprovado visualmente por comparação das figuras 4.09 b) e 4.10. Esta última figura possui a aptidão dos solos e as estradas, as duas variáveis utilizadas para cálculo da renda bruta por cultivos. Da comparação, se observa que as melhores aptidões são as priorizadas para alocação de uso, já que geram melhores rendas. Em tanto que ficam vazias as células com aptidões do solo ruim ou mais longe das estradas.

O comportamento da distribuição espacial da alocação de usos é diferente quando os coeficientes da função objetivo não tem correlação espacial. Assim, quando é resolvido o modelo de maximização de empregos o padrão de distribuição espacial dos resultados não apresenta uma distribuição lógica; simplesmente o modelo aloca os usos nas células sistematicamente, e conforme a restrição de atividade da expressão (2) e (3). Este fato pode observar-se na figura 4.08 a).

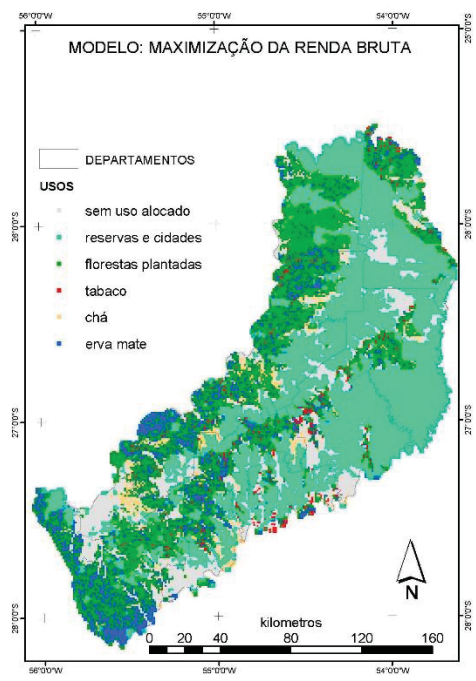
Uma situação similar se observa no modelo de minimização de uso de agroquímicos, cujos coeficientes da função objetivo não tem correlação espacial. A distribuição espacial dos resultados se observa na figura 4.08 c).

FIGURA 4.09 - MAPAS DE ALOCAÇÃO DE USOS SEGUNDO OS OBJETIVOS OTIMIZADAS

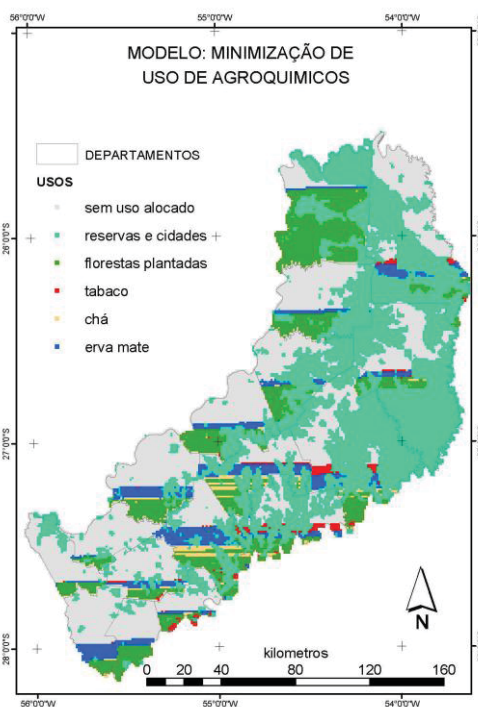
a)



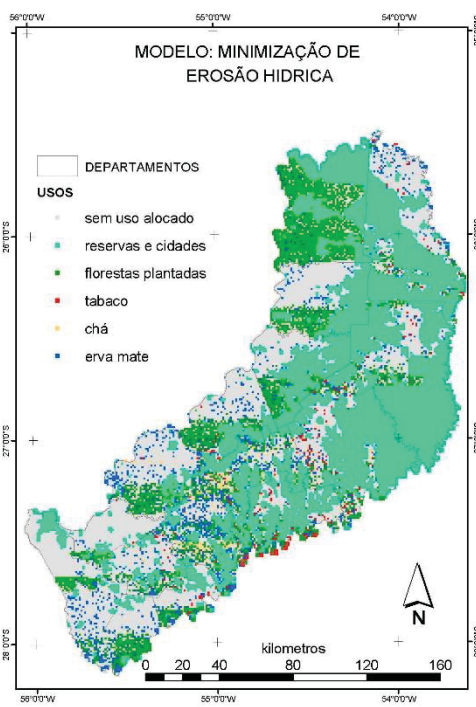
b)



c)



d)



FONTE: O autor (2006)

segundo modelo (11) a (14), para o duplo do seu valor, 1.838.992 kg de agroquímicos.

O modelo a otimizar foi o seguinte:

$$MINZ_5 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U x_{ij} \quad (19)$$

sujeito a:

Restrição de atividade mínima

$$\sum_{i \in k} x_{ij} > act \min_{jk}, \quad \forall i \mid i \in k, k = 1, \dots, D, \quad (20)$$

Restrição de atividade máxima

$$\sum_{i \in j} x_{ij} < acttot_j \quad \forall i \mid i \in j, j = 1, \dots, U \quad (21)$$

Restrição de renda bruta mínima

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U VBT_{ij} * x_{ij} \geq 6.857.813.400 \quad \forall i \text{ e } \forall j \quad (22)$$

Restrição de geração de empregos mínimo

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U empleo_{ij} * x_{ij} \geq 134.115 \quad \forall i \text{ e } \forall j \quad (23)$$

Restrição de máxima contaminação com agroquímicos

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U agrqco_j * x_{ij} \leq 1.838.992 \quad \forall i \text{ e } \forall j \quad (24)$$

Restrição de máxima erosão hídrica

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U ero_{ij} * x_{ij} \leq 6.000.000 \quad \forall i \text{ e } \forall j \quad (25)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (26)$$

$$x_{ij} \leq 100 \quad (27)$$

Assim, com a incorporação das restrições de renda bruta, emprego, contaminação com agroquímicos e erosão, o modelo ficou com quatro restrições a mais.

Foi rodado no pacote de otimização LINGO®, resolvendo o problema em tempo de 6' 31" depois de 83.878 interações.

Na tabela 4.07 estão os resultados de alocação por departamentos. O modelo alocou 1.088.292 ha de atividades para os quatro usos considerados, quase 500 mil ha mais da área utilizada atualmente (599.328 ha). Analisando a tabela 4.07 todos os departamentos apresentam maiores áreas de ocupação que os atuais, com exceção do departamento Veinticinco de Mayo que apresenta a mesma área que a atual. Este último resultado se deve a que este departamento apresenta uma das piores situações de aptidão do solo (ver figura 3.05), fazendo pouco atrativos os cultivos desde o ponto de vista da renda bruta, e com maiores riscos de erosão devido às maiores declividades que apresenta.

TABELA 4.07 - ALOCAÇÃO POR DEPARTAMENTOS DO MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE TERRA

DEPARTAMENTO	SUPERFICIE POR USO (ha)				
	FLORESTA PLANTADA	TABACO	CHA	ERVA MATE	TOTAL
Veinticinco de Mayo	11,072	6,095	1,628	4,997	23,791
Concepción	30,700	3	23	24,497	55,223
Montecarlo	40,800	2	420	11,298	52,520
San Pedro	33,939	1,405	839	6,556	42,739
Guaraní	18,562	7,568	2,678	9,970	38,778
Cainguás	38,416	3,036	10,010	17,748	69,210
Libertador Gral San Martín	52,200	314	732	24,429	77,675
Candelaria	10,800	32	7	3,068	13,907
Eldorado	69,391	0	9	29,500	98,900
San Javier	7,152	1,095	563	3,761	12,570
Leandro N. Alem	54,513	1,733	1,501	8,653	66,400
General Manuel Belgrano	53,543	2,872	229	12,886	69,529
Iguazú	124,640	42	151	7,619	132,451
Oberá	45,566	921	13,117	29,296	88,900
Apóstoles	54,739	8	798	36,455	92,000
Capital	27,900	0	0	25,100	53,000
San Ignacio	54,260	132	2,140	44,168	100,700
TOTALES	728,193	25,256	34,843	300,000	1,088,292

FONTE: O autor (2006)

No tabela 4.08 estão as rendas brutas geradas por departamento. A mesma alcançou o total estabelecido como restrição.

TABELA 4.08 - RENDA BRUTA POR DEPARTAMENTO

DEPARTAMENTO	RENDAS BRUTAS POR USO (\$)				
	FLORESTA PLANTADA	TABACO	CHA	ERVA MATE	TOTAL
Veinticinco de mayo	56,314,400	19,084,100	2,940,580	30,117,750	108,456,830
Concepción	190,930,000	14,400	45,000	186,078,700	377,068,100
Montecarlo	249,480,000	9,600	902,000	82,345,800	332,737,400
San Pedro	206,979,600	6,824,000	1,791,900	47,902,000	263,497,500
Guaraní	114,368,810	36,834,000	5,437,440	72,893,630	229,533,880
Cainguás	235,999,200	14,754,930	20,490,400	129,306,160	400,550,690
Libertador Gral San Martín	318,310,000	1,507,130	1,587,620	177,985,119	499,389,869
Candelaria	66,660,000	158,270	14,700	22,587,440	89,420,410
Eldorado	426,067,800	0	19,800	217,140,000	643,227,600
San Javier	38,400,400	5,322,500	1,068,750	24,469,600	69,261,250
Leandro N. Alem	333,509,200	8,397,440	2,992,640	63,154,880	408,054,160
General Manuel Belgrano	326,541,080	13,931,330	489,850	93,345,600	434,307,860
Iguazú	784,150,290	203,350	312,000	58,779,120	843,444,760
Oberá	279,710,830	4,513,880	27,726,520	213,939,841	525,891,070
Apóstoles	335,803,400	38,400	1,754,940	267,383,341	604,980,080
Capital	172,810,000	1,470	0	185,067,840	357,879,310
San Ignacio	333,128,000	633,120	4,538,000	331,813,510	670,112,630
TOTALES	4,469,163,009	112,227,920	72,112,140	2,204,310,331	6,857,813,400

FONTE: O autor (2006)

Na tabela 4.10 estão os empregos gerados, onde se pode observar que a quantidade de empregos gerados foram de 159.288, superando ao colocado como requerimento mínimo.

TABELA 4.09 - EMPREGOS GERADOS COM MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE USO DA TERRA.

DEPARTAMENTO	NUMERO DE EMPREGOS POR USO				
	FLORESTA PLANTADA	TABACO	CHA	ERVA MATE	TOTAL
Veinticinco de Mayo	1,472	3,570	235	711	5,988
Concepción	4,081	2	3	3,483	7,569
Montecarlo	5,424	1	61	1,607	7,092
San Pedro	4,512	823	121	932	6,388
Guaraní	2,467	4,433	387	1,418	8,705
Cainguás	5,107	1,778	1,446	2,524	10,855
Libertador Gral San Martín	6,939	184	106	3,474	10,702
Candelaria	1,436	19	1	436	1,892
Eldorado	9,224	0	1	4,195	13,420
San Javier	951	641	81	535	2,208
Leandro N. Alem	7,246	1,015	217	1,230	9,709
General Manuel Belgrano	7,117	1,682	33	1,832	10,665
Iguazú	16,568	24	22	1,083	17,698
Oberá	6,057	540	1,895	4,166	12,658
Apóstoles	7,276	5	115	5,184	12,580
Capital	3,709	0	0	3,569	7,278
San Ignacio	7,213	77	309	6,281	13,880
TOTALES	96,799	14,795	5,035	42,660	159,288

FONTE: O autor (2006)

Em quanto à contaminação na tabela 4.10, se observa que apresenta um total de 1.473.574, não superando a colocada como restrição.

Quanto à erosão na tabela 4.11, se observa que a mesma foi de 6.000.000 de t chegando até o máximo de erosão admitido pelo modelo.

TABELA 4.10 - CONTAMINAÇÃO COM AGROQUIMICOS GERADO PELO MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE USO DA TERRA

DEPARTAMENTO	CONTAMINAÇÃO POR USO (KG)				
	FLORESTA PLANTADA	TABACO	CHA	ERVA MATE	TOTAL
Veinticinco de Mayo	3,322	53,024	1,140	16,838	74,323
Concepción	9,210	26	16	82,555	91,807
Montecarlo	12,240	17	294	38,074	50,626
San Pedro	10,182	12,224	587	22,094	45,086
Guaraní	5,569	65,837	1,874	33,600	106,880
Cainguás	11,525	26,411	7,007	59,812	104,754
Libertador Gral San Martín	15,660	2,729	513	82,327	101,229
Candelaria	3,240	281	5	10,338	13,864
Eldorado	20,817	0	6	99,415	120,239
San Javier	2,146	9,522	394	12,673	24,734
Leandro N. Alem	16,354	15,075	1,051	29,160	61,640
General Manuel Belgrano	16,063	24,984	160	43,424	84,631
Iguazú	37,392	361	106	25,675	63,534
Oberá	13,670	8,014	9,182	98,727	129,593
Apóstoles	16,422	70	558	122,855	139,904
Capital	8,370	3	0	84,586	92,959
San Ignacio	16,278	1,148	1,498	148,846	167,770
TOTALES	218,458	219,725	24,390	1,011,000	1,473,574

FONTE: O autor (2006)

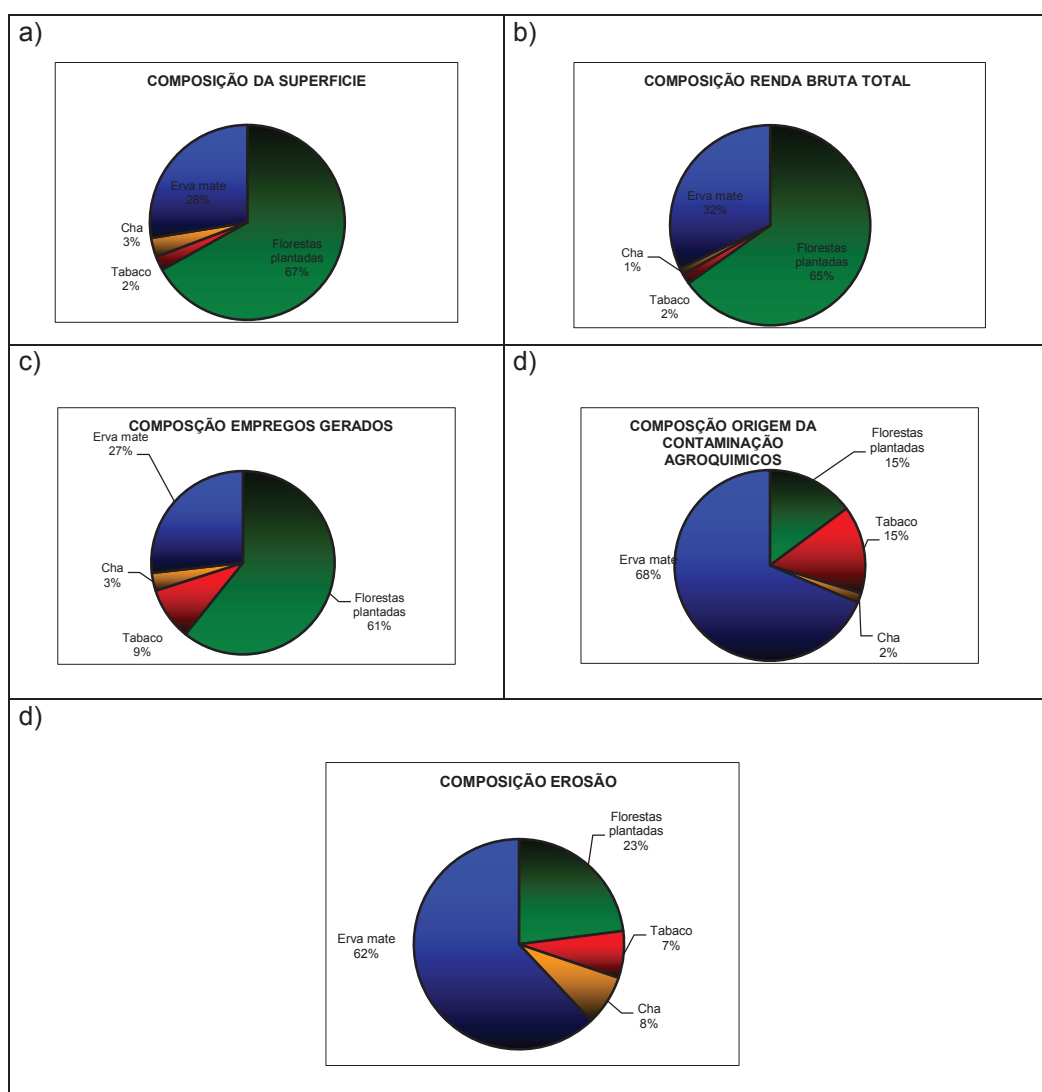
TABELA 4.11 - EROÇÃO GERADA PELO MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE USO DA TERRA

DEPARTAMENTO	EROSÃO POR USO (t)				
	FLORESTA PLANTADA	TABACO	CHA	ERVA MATE	TOTAL
Veinticinco de Mayo	19,672	90,311	24,185	57,154	191,322
Concepción	65,600	18	23	271,091	336,732
Montecarlo	70,000	10	420	91,794	162,224
San Pedro	83,039	13,065	4,568	95,702	196,374
Guaraní	76,524	232,358	54,154	448,315	811,350
Cainguás	85,816	26,600	165,947	303,466	581,829
Libertador General San Martín	71,500	1,355	1,332	221,318	295,505
Candelaria	29,500	291	7	36,539	66,336
Eldorado	101,491	0	9	322,300	423,800
San Javier	11,252	30,445	6,288	50,835	98,819
Leandro N. Alem	171,613	14,194	16,911	100,908	303,625
General Manuel Belgrano	139,143	19,889	1,828	146,699	307,559
Iguazú	155,840	166	1,204	38,494	195,704
Oberá	86,766	3,785	178,383	478,708	747,642
Apóstoles	101,139	54	5,893	326,349	433,435
Capital	44,600	2	0	254,899	299,501
San Ignacio	65,260	560	6,320	476,104	548,244
TOTALES	1378755.2	433100.3	467470.5	3720674	6000000

FONTE: O autor (2006)

As superfícies dedicadas a cada cultivo se incrementaram quase ao duplo em florestas plantadas, porque apresentam boa renda bruta e são a melhor alternativa para minimizar a erosão e contaminação por agroquímicos. Isto pode se comprovar nas figuras 4.11, onde as florestas plantadas com 67% da superfície, geram 65% da renda bruta e 61% dos empregos totais. Em contrapartida, são responsáveis apenas por 15% da contaminação com agroquímicos e 23% da erosão.

FIGURA 4.11 - COMPOSIÇÃO DA SUPERFÍCIE, RENDA BRUTA, EMPREGOS, CONTAMINAÇÃO E EROSÃO COM MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE USO DA TERRA.



FONTE: O autor 2006.

Contrariamente ao que ocorre com florestas plantadas, com erva mate, temos que com 29% da superfície ocupada, é responsável por 68% da contaminação com agroquímicos e com 62% da erosão.

No entanto que tabaco, com apenas 2% da superfície ocupada, é responsável por 15% da contaminação e 7% da erosão.

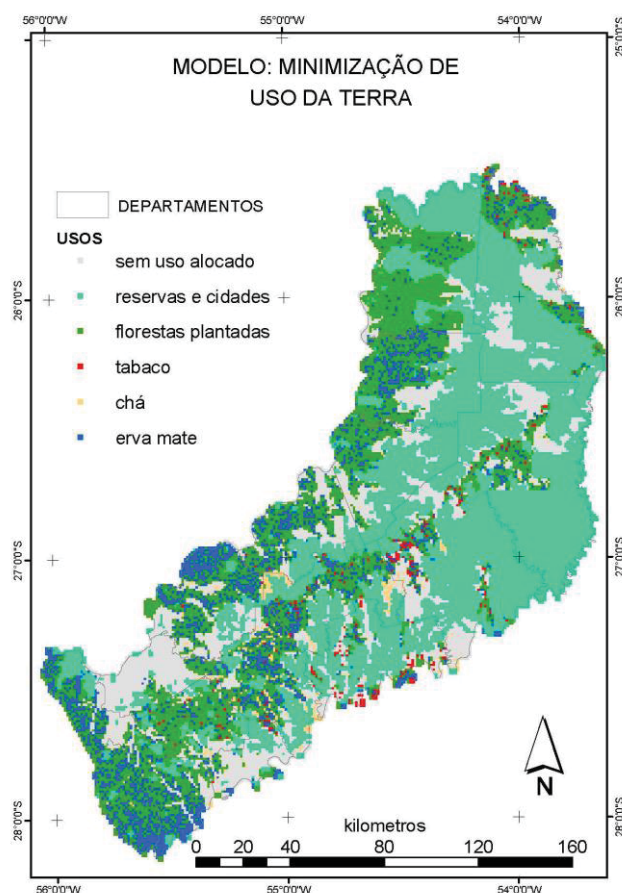
Na figura 4.12 se apresenta o mapa onde podemos olhar a configuração espacial da alocação de uso do solo pelo modelo de minimização de uso da terra.

Em geral, se observa padrão de distribuição espacial muito similar ao padrão de distribuição atual, o que é muito lógico devido as restrições de atividades mínimas de culturas para cada departamento. Deve ter-se presente que o modelo gera uma ocupação da terra quase 70% a mais do que existe hoje.

Pode-se caracterizar quatro regiões contínuas de alocação de uso. A primeira, ao norte, tendo como eixo central a estrada chamada de “ruta 101”, onde o modelo aloca em toda área possível, principalmente área de florestas plantadas, erva mate e tabaco, em menor medida. A região coincide com uma região em atual crescimento.

A segunda região, no oeste da Província, constitui um cordão contínuo tendo como eixo a estrada chamada “ruta 12”. Na atualidade é a de maior atividade na área de floresta plantada e erva mate, como se observa nas figuras 3.11 e 3.13. A economia desta região é muito forte, principalmente na cadeia produtiva de florestas plantadas. Se observa que o modelo favorece o incremento no uso do solo de floresta plantada nesta região, principalmente no norte e no centro, no entanto em que gera uma concentração de erva mate no departamento de San Ignacio onde, justamente, possui atualmente a maior superfície ocupada com erva mate. Esta região apresenta uma descontinuidade na parte sul, pela existência de condições de aptidão de solo muito ruins.

FIGURA 4.12 - MAPA DE ALOCAÇÃO DE USO DO SOLO COM MODELO DE MINIMIZAÇÃO DE USO DA TERRA.



. FONTE: O autor 2006.

A terceira região, constitui um cordão central tendo como eixo central a estrada denominada de “ruta 14” e alcançando regiões da costa do rio Uruguay. Apresenta crescimento em floresta plantada, em menor medida erva mate, e concentra quase toda a área de tabaco e chá que aloca o modelo. É uma região de forte crescimento econômico com áreas rurais de pequenos proprietários que procuram diversificar as culturas agrícolas e florestais das suas chácaras.

A última região ao sul da província possui na atualidade boa concentração de erva mate e o modelo segue esse comportamento e aloca ainda mais área desta cultura. O modelo gera bastante alocação de uso de floresta plantada nesta região, mais do que atualmente existe.

Em geral então se observa uma correta distribuição espacial dos usos alocados pelo modelo, com distribuição equilibrada do crescimento de 500.000 ha de usos do solo gerado pela maior exigência em renda bruta e empregos.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O problema resolvido no presente trabalho, teve relação com o espaço rural e maximização de objetivos socioeconômicos, como são a renda bruta e geração de empregos, e com a minimização de objetivos de proteção, como são a contaminação do solo com produtos agroquímicos e erosão hídrica. O caráter espacial do problema unido a necessidade de otimização, fez com que os SIG e Programação Linear (PL) fossem as ferramentas selecionadas para abordar o problema.

A vinculação entre SIG e PL denominada de “*loose coupling*” ou de baixa integração, demonstrou ser funcional e eficiente na comunicação entre os pacotes Arc Gis® e LINGO® utilizados no trabalho, permitindo que o modelo de PL utilize coeficientes baseados em variáveis com distribuição espacial e, por sua vez, o SIG pôde mostrar o mapa dos resultados da alocação, o qual resultou muito valioso na hora de verificar o realismo do modelo. A integração entre SIG e PL permitiu rodar agilmente o modelo, gerando múltiplos cenários em curto período de tempo.

Futuros trabalhos deverão procurar mecanismos de comunicação entre os pacotes envolvidos, sem muita intervenção do operador. Isto se pode fazer programando macros ou bem programas específicos que viabilizem o intercâmbio de dados e de resultados entre pacotes.

O modelo de minimização do uso da terra mostrou resultados lógicos e realistas quanto aos valores de área alocados para cada uso e departamentos, mostrando configuração espacial dentro da Província muito razoável, se comparado com o que ocorre na realidade.

Ficou evidenciada a influência nos resultados da alocação quando os coeficientes técnicos da PL foram determinados em base a variáveis espacialmente distribuídas. Foi o caso do coeficiente de erosão e renda bruta no presente trabalho, os quais foram calculados em base a aptidão do solo, declividade, distância a estradas, entre outras.

Sendo o problema abordado simplificado ao extremo, ficou clara a grande quantidade e diversidade de dados que são necessários para analisar problemas relacionados à alocação de usos da terra. Graças à capacidade de análise e modelagem que possuem os SIG, estes dados puderam ser manejados adequadamente para desenvolver o trabalho. Porém maiores esforços terão que ser feitos na obtenção de dados de qualidade que permitam, assim, a construção de coeficientes técnicos com base em variáveis com distribuição espacial.

O modelo de programação envolvendo uma importante quantidade de variáveis de decisão e restrições rodou sem inconvenientes no pacote de otimização utilizado. Num problema de alocação de usos em base a células o resultado tem que ser alocado apenas um uso por célula. Este é um problema que vem sendo estudado por muitos autores (AERTS et al, 2002, STEWART, JANSEN e HERWINGEN, 2004, CHUVIECO 1993 e outros). Porém com a finalidade de não ficar estancado no problema e, com o intuito de aplicar numa situação real, tentou-se contornar o problema com restrições para limitar um uso à superfície máxima de uma célula. Os resultados mostraram que de quase 30.000 células utilizadas, um número menor de 20 células tiveram alocação fracionada. As restantes células alocadas com algum tipo de uso sempre chegaram a 100 ha (tamanho da célula) ou bem não alocando nenhum uso. Quando ocorreu o problema de alocação fracionada, o assunto foi contornado selecionando o uso com maior superfície e alocando toda a superfície da célula a este uso. Isto solucionou razoavelmente o problema.

Será necessário, também, desenvolver regras de decisão que envolvam funções de vizinhança, que permitam decidir em função das situações das células vizinhas. Existem várias possibilidades para isto, entre as quais estão a mesma programação matemática e os métodos de inteligência artificial.

Análises em maiores detalhes sobre os coeficientes e as variáveis que os explicam são necessárias para ter-se um maior realismo nos resultados. É importante estabelecer para cada tipo de coeficiente técnico qual é a relação que se tem com o espaço.

A aplicação do modelo com base em unidades ambientais mais representativas, tais como um conjunto de bacias hidrográficas e maiores escalas, é recomendável conduzir para testar a bondade do modelo.

REFERÊNCIAS

- AERTS; J.C.; ERWIN, E.; HEUVELINK, G.B.M.; STEWART, T.J. **Using Linear Programming for Multi Site Land Use Allocation**. Geographical Analysis. 35 148 – 169 . 2002.
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems. An management perspective**. University of Michigan. 294p. 1989.
- ASCOUGH, J.C., RECTOR, H.D., HOAG, D.L., MAC MASTER, G.S., VANDENBERG, M.J., SHAFFER, M.A., WELTZ, M.A., AHJUA, L.R. **Multicriteria Spatial Decision Support Systems: Overview, applications, and Future Research Directions**. Environmental Modeling International Conference Proceedings. In AE RIZZOLI e AJ JAKEMAN (Eds) Integrated Assesment and Decision Support Proceedings of the 1st biennial meeting of the IEMSS, Lugano, Suiza. Vol3 pp 175-180. 2002.
- APTM - ASOCIACIÓN DE PLANTADORES DE TABACO DE MISIONES. **Importancia Económica y Social del Sector Tabacalero de la Provincia de Misiones**. Leandro N Alem – Misiones. 13p. 2000.
- BERNANRDI, L.A. DE; PRAT KRICUN, S.D. **Diagnóstico de la Región Tealera**. Posadas. Misiones. Argentina. 2002.
- BUONGIORNO, J.; GILLES, J.K. **Forest Management and Economics. A Primer in Quantitative Methods**. Macmillan Publishing Company. New York. 285 p. 1987.
- BARLOWE R. **Land Resource economics. The economics of real property**. 2nd Ed. Prentice Hall Inc. New Jersey. 1972.
- BRAIER, G.D. **Oferta de madera del bosque implantado**. Informe de consultoria al Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables Misiones. 27p. 2003.
- CARVER, S.J. **Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems**, International Journal of Geographical Information Systems. 5:3, 321-339. 1991.
- CARSJENS, G.J.; Van der KNAAP, W. **Stretegic land-use allocation: dealing with spatial realtionships and fragmentation of agriculture**. Landscape and Urban Planning. 58 171 -179 .2002
- CAMPBELL, J.C.; RADKE, J.; GLESS, J.T.; WIRTHSHAFTER, R.M. **An application of linear programming and geographic information systems: cropland allocation in Antigua**. Environment and Planning 24: 535 – 549. 1992

- CEBRIAN, J. **Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica.** Santander, Servicios de Publicaciones de la Universidad de Cantabria. 85 p. 1992.
- CHUVIECO, E. **Integration of linear programming and GIS for land use modeling.** International Journal of Geographical Information Systems. 1993.
- CLEMENTE, A. HIGACHI, H. Y. **Economía e desenvolvimento regional.** São Paulo: Atlas, 2000.
- COLCOMBET, L., GUNTHER, D. **Coeficientes técnicos para calculos de costos de forestación.** INTA(Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) EEA Montecarlo. 2005
- COLLINS, M.G.; STEINER, F.R.; RUSHMAN, M.J. **Land Use Suitability Analysis in the United States: Historical Development and Promising Technological Achievements.** Environmental Management. Issue 5 10p. 2001.
- CORRADINI, E.; ZILOCHI, H.; CUESTA, R.; SEGESSO, R. JIMENEZ, M.L.; MUSCO, J.M. **Caracterización del Sector Productor Tabacalero de la República Argentina.** Universidad Católica Santa María de Los Buenos Aires – Facultad de Ciencias Agrarias Centro de Altos Estudios Jorge Gándara. Buenos Aires 2005.
- CROMELY, R.G., HANINK, D.M. **Coupling land use allocation models with raster GIS.** Geographical Systems. 1 : 37 – 53. 1999.
- DIAMOND, J.T. and Wright J. R. **Design of an integrated spatial information system for multiobjective land use planning.** Environment and Planning, vol. B 15, no. 2, pp. 205:214, 1988.
- DIRECCION NACIONAL DE PROGRAMACION ECONOMICA REGIONAL. a. Ministerio de Economía de Argentina. **Misiones: Panorama Económico Provincial.** Buenos Aires. 2004. 13 pp.
- DIRECCION NACIONAL DE PROGRAMACION ECONOMICA REGIONAL. b. Ministerio de Economía de Argentina. **El complejo forestal en el desarrollo regional. El caso de las Provincias de Misiones y Corrientes.** Buenos Aires. 2004.
- EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P.A.; TOLEDANO, J. **An algorithm for Multi-Objective Land Allocation Using GIS.** Proceedings International Workshop on GIS. Beijing. 1993.

- EASTMAN, J.R. **The Evolution in Modelling Tools in GIS**. 2001.Directions Magazine: www.directionsmag.com. Acceso Marco 2006
- FAO. **Guidelines for land-use planning** (Vol. 1). Food & Agriculture Org. 1993.
- FAO. **Directrices sobre la Planificación del Aprovechamiento de la Tierra**. Colección FAO: desarrollo 1. FAO, Roma, Italia. 1994.
- FAO. **Programación lineal para la elaboración de escenarios óptimos de uso de la tierra**. Proyecto Regional Información sobre tierras y aguas para un desarrollo agrícola sostenible. Santiago, Chile. 2001.
- FAO. 2003. **Evaluación de tierras con metodologías de FAO**. Proyecto Regional "Ordenamiento Territorial Rural Sostenible". Santiago, Chile. 26p.
- FERNANDEZ JORDAN, C.; MARTINEZ CARLOS, Y.; GUTAWSKI, R.S.; MARTOS, M.S.; DAKUN, M.C. **La cadena empresarial del té en Misiones: un enfoque estratégico**. Universidad Nacional de Misiones y Universidad de Vigo España. Posadas Misiones. 2005. 59p.
- FERNANDEZ, R., CASTELLO, L.M., OLERY H. **Estimación de la erosionabilidad de los suelos del norte de la Provincia de Misiones**. Rev Ciencia del suelo v7. 1989
- FISCHER, M.; NIJKAMP, P. **Geographics Information Systems and spatial modelling: pottentials and bothlenecks**. Proceeding EGIS 92, third European conference on Geographical Information Systems, Vol. 1. 1992
- FET - FONDO ESPECIAL DEL TABACO. **Anuario Estadístico campaña 2002/2003**. SAGPyA. Buenos Aires 2005. 103 p.
- FREAZA, M.A. **Economía de Misiones: Aspectos y Actividades Relevantes**. Editorial Universitaria de Misiones. Posadas. 2002.234 p
- GAUTO, O. A. **Informe del Inventario Provincial de Bosques Implantados 2001**. Presentado en seminario a las autoridades del Ministerio de Ecología, Recursos Naturales Renovables de la Provincia de Misiones. Posadas, Diciembre de 2001.
- GAUTO, O. A. **Determinación de superficies de talas rasas en la provincia de Misiones año 2003 y 2004**. Informe al Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de la Provincia de Misiones en Agosto de 2004.
- GOMEZ DELGADO, M., BARREDO CANO, J.I. **Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicirterio**. 2ª ed. Alfaomega – Ra – Ma. México. 2005.

- GOODCHILD, M. **Towards an enumeration and classification of GIS functions.** NASA Washington DC. 1987. 10p.
- GOODCHILD, M.; ROBERT HAINING. **Integrating GIS and Spatial Data Analysis: Problems and Possibilities.** International Journal of Geographical Information Systems. Vol 6 N 5 p407-423. 1992.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). **Manual para la Agricultura en la Provincia de Misiones. Parte III. Elementos Micro y Macroeconómicos para la planificación en la Agricultura.** Posadas. Misiones. Argentina. 1981.
- GUNTHER, D.; CORREA, G.M. **Zonas agroeconómicas homogéneas y sistemas de producción predominantes para productores que integran cambio rural en la Provincia de Misiones.** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación experimental Cerro Azul Misiones. 1999.
- GUNTHER, D.F.; COLCOMBET, L.; KORNOSKI, C.; KURTZ, V.D.; PEREYRA, L.; TKACHUK, J.J. **Coeficientes técnicos para cálculo de costos de yerba mate.** INTA. EEA Cerro Azul. 2002
- GUNTHER, D.F. **Caracterización de las explotaciones Tabacaleras de Productores que integran Cambio Rural en la Provincia de Misiones.** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Cerro Azul Misiones. 2001. 13p.
- GUNTHER, D.F.; CORREA, M.; LYSIAK, E. **Zonas Agroeconómicas Homogéneas. Misiones.** Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria. 1999.
- HANINK, D.M.; CROMLEY, R.G. **Land use allocation in the absence of complete market value.** Journal of Regional Sciences. Vol 38, 3. p465-480. 1999.
- HILFERINK, M., RIETVELD, P. **Land use scanner: an integrated GIS based model for long term projections of land use in urban and rural areas.** Geographical Systems. 1: 155-177. 1999.
- HJORSTO, C.N., STRAEDE, S. **Strategic multiple use forest planning in Lithuania: applying multi criteria decision making and scenario analysis for decision support in an economy in transition.** Forest Policy and Economics. 3 : 175 – 188. 2001.
- INDEC. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS. **Censo Nacional Agropecuario 2002 (CNA 2002).** Online www.indec.gov.ar. Acceso: julio, 2006.

- IPEC. INSTITUTO PROVINCIAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS (MISIONES). **Producto Bruto Provincial**. www.ipecmisiones.org . Acceso online marzo 2006.
- JENSEN, J.R. **Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective**. 2nd Ed. Prentice Hall. New Jersey-EEUU. 318 p. 1996.
- KLEMPERER, W. D. **Forest Resources Economics and Finance**. Mc Graw Hill New York. 551 p. 1996.
- LATESTEIJN Van H.C. **Assessment of future options for land use in the European Community**. Ecological Engineering 4 211-222 Elsevier. 1995
- LECCESE, M. and MCCORMICK, K. (Eds.). **Charter of the New Urbanism** (McGraw – Hill). 2000.
- LINDO SYSTEMS INC. **LINGO Users Guide**. Chicago. 1999. 536 p.
- LIGIER, H.D., MATTEIO, H.R., POLO H. **Erosión hídrica potencial en la Provincia de Misiones**. INTA EEA CORRIENTES Argentina. 1989
- LU, C.H.; VAN ITTERSUM. M.K. **A trade-off analysis of policy objectives for Ansai, the Loess Plateau of China**. Agriculture Ecosystems & Environment. 102. 235 -246. 2004.
- MALLAWAARACHCHI, T.; WALKER, P.A.; YOUNG, M.D.; SMYTH, R.R.; LYNCH, H.S. **GIS-based Integrated Modelling Systems for Natural Resources Management**. Agricultural Systems. 50 169-189. Elsevier Sciences Ltd. 1996.
- MITCHELL, J.K., BUBENZER, G.D. **Erosión de suelos**. John Wiley and Sons. New York. 1980.
- MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCIÓN. **Relevamiento Yerbatero**. Posadas. 2002. 76 p
- MALCZEWSKI, J. **GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview**. Progress in Planning. 62 3 – 65. 2004.
- MALCZEWSKI, J. RINNER, C. **Exploring multicriteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: a case study of residential quality evaluation**. Journal of Geographical Systems. 7 : 249 – 268 . 2005.
- MINISTERIO DE ECOLOGIA RNR y T. MISIONES. **Informe del Primer Censo Provincial de Industrias de la Madera**. Posadas. 2002.

- MURRAY, A.T.; SNYDER, S. **Spatial Modeling in Forest Management and Natural Resources Planning**. Forest Science 46(2) p 153-156. 2000.
- ORLAMUNDER DE SOUZA, D. **Algoritmos Genéticos Aplicados ao Planejamento Do Transporte Principal de Madeira**. Dissertação Mestrado. UFPR. Curitiba. 2004.
- PARRA, P.A. **Té (*Camelia sinensis*): Análisis de Cadena Alimentaria**. Dirección Nacional de Alimentos. SAGPyA. 2004.
- PLAZA, O. SEPÚLVEDA, S. **Desarrollo Sostenible: Metodología para el Diagnóstico Microregional**. IICA –Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 142 p.1996.
- SAGPyA a. **Yerba Mate**. Revista Alimentos Argentinos. 2004.
- SAGPyA b. Secretaria de Agricultura Ganadería y Pesca. **Caracterización del Sector Tabacalero Argentino**. 2do. Encuentro de proveedores de insumos para el tabaco. Buenos Aires. 2004.
- SAGPyA c. **Tabaco**. Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. 2004. Buenos Aires.
- SAGPyA d. PROYECTO FORESTAL DE DESARROLLO. **Inventario Nacional de Plantaciones Forestales**. SAGPyA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). Buenos Aires. 2001.
- RABINGGE, R.; VAN LATESTSTEIJN, H.C. **Long Term Options for Land Use in the European Community**. Agricultural Systems 40. 195 – 210.1992.
- ROETTER, R.P.; HOANH, C.T.; ALBORTE, A.G.; VAN KEULEN, H.; VAN ITERSUM, M.K.; DREISER, C.; VAN DIEPEN, C.A.; DE RIDDER, N.; VAN LAAR, H.H. **Integration of Systems Network (SysNet) tolos for Regional Land Use Scenario Analysis in Asia**. Environmental Modelling & Software. 20: 291 -307. 2005
- SALWASSER, H. **Ecosystem Management: Can it sustain diversity and productivity?**. Journal of Forestry. p 6-10. August 1994.
- SANQUETA, C.R.; ARCE, J.E.; DE LARA PIRES, P.T. **Zoneamento para fins de uso sustentável e conservação dos recursos da Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná**. Relatório Técnico-Científico Final. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2002.

SCHEINOWITZ, A. S. **O Planejamento Regional**. Salvador, Gráfica Universitária do Centro Editorial e didático da UFBA. 318p. 1983.

STCP (Engenharia de Projetos limitada). **Plan estratégico para el desarrollo de las pequeñas y medianas industrias madereras de la provincia de misiones y noreste de corrientes**. Curitiba. 2002.

STEWART, T.J., JANSSEN, R., HERWIGNEN, M. **A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning**. Computers and operations Research. V31 2293 – 2313. 2004.

TOMLIN, C.D. **Map Álgebra: One perspective**. Landscape and Urban Planning. 30: 3 -12. 1994.

TOMLIN, C.D., **Geographical Information Systems and Cartographic Modeling**, Prentice-Hall, Engle Wood Cliffs, NJ.1990.

USDA (United State Department of Agriculture). **Land Capability Classification**. Agriculture Handbook N 210. 1961.

World Commission on Environment and Development. United Nations. **Our common future**. 1987

YALCIN, G., AKYUREK, Z, **Multicriteria analysis for flood vulnerable areas**. 2002. Online: <http://gis.esri.com/library/userconf/proc04/abstracts/a1097.html>. acceso fevereiro 2005.

ZANINO, L. **La actividad tealera en la Provincia de Misiones**. Informe al Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires. 1993.

ZILOCHI, H.O.; MENDOZA, G.G.; **Explotaciones Agropecuarias Tabacaleras de la República Argentina: Caracterización en base al Censo Nacional Agropecuario 2002 – Capítulo Misiones**. Programa de Reconversión Productiva SAGPyA. Buenos Aires. 2006.